BSPH401CCT

حرارتی طبیعیات

(Thermal Physics)

مع

لَیب مینول

(Lab Manual)

بیچلر آف سائنس (بی۔ایس سی۔)

(چوتھا سمسٹر)

نظامت فاصلاتی تعلیم

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

حیدرآباد-32، تلنگانہ-انڈیا

© Maulana Azad National Urdu University, Hyderabad
Course-Thermal Physics
ISBN: 978-93-95203-65-4
First Edition: June, 2023

Publisher	:	Registrar, Maulana Azad National Urdu University, Hyderabad
Publication	:	2023
Copies	:	1000
Price	:	400/- (The price of the book is included in admission fees of distance mode students)
Copy Editing	:	Zia Ur Rahman, DDE,MANUU
Cover Designing	:	Dr. Mohd. Akmal Khan, DDE, MANUU
Printer	:	Print Time & Business Enterprises, Hyderabad

Thermal Physics

For

Bachelor of Science (B.Sc.)
4th Semester

On behalf of the Registrar, Published by:
Directorate of Distance Education
Maulana Azad National Urdu University
Gachibowli, Hyderabad-500032 (TS), India
*Director:*dir.dde@manuu.edu.in*Publication:*ddepublication@manuu.edu.in
Website: manuu.edu.in Phone number: 040-23008314

© All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronically or mechanically, including photocopying, recording or any information storage or retrieval system, without prior permission from the publisher (registrar@manuu.edu.in)

Editor | **ایڈیٹر**

Prof. H.Aleem Basha (Programme Coordinator)
Professor (Physics)
School of Sciences, MANUU, Hyderabad

پروفیسر ایچ۔ علیم باشا(پروگرام کو آرڈی نیٹر)
پروفیسر (طبیعیات)
اسکول برائے سائنسی علوم، مانو، حیدرآباد

Language Editor | **لینگویج ایڈیٹر**

Dr. Mohd Akmal Khan
Guest Faculty/Assistant Professor (Contractual),Urdu
Directorate of Distance Education, MANUU

ڈاکٹر محمد اکمل خان
گیسٹ فیکلٹی / اسسٹنٹ پروفیسر (کانٹریکچول)، اردو
نظامت فاصلاتی تعلیم، مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

مجلس ادارت
(Editorial Board)

Prof. H. Aleem Basha (Programme Coordinator)
Professor (Physics)
School of Sciences, MANUU, Hyderabad

پروفیسر ایچ۔ علیم باشا(پروگرام کو آرڈی نیٹر)
پروفیسر (طبیعیات)
اسکول برائے سائنسی علوم، مانو، حیدرآباد

Dr. Priya Hasan (Course Coordinator)
Assistant professor, (Physics)
School of Sciences, MANUU, Hyderabad

ڈاکٹر پریا حسن (کورس کو آرڈی نیٹر)
اسسٹنٹ پروفیسر (طبیعیات)
اسکول برائے سائنسی علوم، مانو، حیدرآباد

Dr. Rizwanul Haq Ansari
Assistant Professor, (Physics)
School of Sciences, MANUU, Hyderabad

ڈاکٹر رضوان الحق انصاری
اسسٹنٹ پروفیسر (طبیعیات)
اسکول برائے سائنسی علوم، مانو، حیدرآباد

Mr. Zia Ur Rahman
Guest Faculty/Assistant Professor (Contractual),Physics
DDE, MANUU, Hyderabad

جناب ضیاء الرحمن
گیسٹ فیکلٹی / اسسٹنٹ پروفیسر (کانٹریکچول)، طبیعیات
نظامت فاصلاتی تعلیم، مانو، حیدرآباد

کورس کوآرڈی نیٹر

ڈاکٹر پریا حسن
اسسٹنٹ پروفیسر (طبیعیات)، اسکول برائے سائنسی علوم
مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی، حیدرآباد

مصنفین	اکائی نمبر
• پروفیسر ایچ ۔علیم باشا / ڈاکٹر ذاکر مرزا	اکائی 1 تا 18

لیب مینول

• ضیاءالرحمن	اکائی 19 تا 24

مترجمین

• ضیاءالرحمن	اکائی 2,9,11, 13,17
• محمد عبدالمعیز	اکائی 21,24

پروف ریڈرس:

اول	:	جناب ضیاءالرحمن / محمد عبدالمعیز
دوم	:	ڈاکٹر محمد اکمل خان / ڈاکٹر رضوان الحق انصاری
فائنل	:	ڈاکٹر ذاکر مرزا / پروفیسر ایچ۔ علیم باشا

فہرست

پیغام	وائس چانسلر	7
پیغام	ڈائرکٹر	8
کورس کا تعارف	پروگرام کوآرڈی نیٹر (طبیعیات)	9

بلاک I

اکائی 1	گیسوں کا نظریہ تحریک	11
اکائی 2	میکس ویل کے تقسیمی کلیہ	30
اکائی 3	شماریاتی میکانیات	48
اکائی 4	قدرتی شماریات	62

بلاک II

اکائی 5	حرحرکیات کے کلیات	73
اکائی 6	کارنوٹ دور	87
اکائی 7	حرحرکیاتی کا دوسرا کلیہ	103
اکائی 8	ناگارگی	114
اکائی 9	توانائی کے انحطاط کا کلیہ	128

بلاک III

اکائی 10	حرحرکیاتی قوہ	140
اکائی 11	حرارت نوعی	155
اکائی 12	جول کیلون اثر	165
اکائی 13	کم تپش پیدا کرنے کے طریقے	178
اکائی 14	ریفریجریشن	199

بلاک IV

اکائی 15	سیاہ جسم کی اشعاع	212
اکائی 16	حراری اشعاع کے کلیات	226
اکائی 17	قدرتی اشعاعی نظریہ	241
اکائی 18	حراری اشعاع کی پیمائش	260
نمونہ امتحانی پرچہ		**274**
لیب مینول		**276**

بلاک V

اکائی 19	پلانک کا مستقلہ	277
اکائی 20	اسٹیفن اور بولٹزمین کا مستقلہ	291
اکائی 21	'لی' کے طریقہ سے حراری موصلیت کی پیمائش	303

بلاک VI

اکائی 22	پلیٹینم مزاحمت تپش پیما	319
اکائی 23	حرارت جفت	333
اکائی 24	انتقالہ درجہ حرارت	345
نمونہ امتحانی پرچہ		**359**

پیغام

مولانا آزاد نیشنل اُردو یونیورسٹی 1998 میں وطنِ عزیز کی پارلیمنٹ کے ایکٹ کے تحت قائم کی گئی۔اس کے چار نکاتی مینڈیٹس یہ ہیں۔ (1)اردو زبان کی ترویج و ترقی(2)اردو میڈیم میں پیشہ ورانہ اور تکنیکی تعلیم کی فراہمی(3)روایتی اور فاصلاتی تدریس سے تعلیم کی فراہمی اور(4)تعلیم نسواں پر خصوصی توجہ۔ یہ وہ بنیادی نکات ہیں جو اِس مرکزی یونیورسٹی کو دیگر مرکزی جامعات سے منفرد اور ممتاز بناتے ہیں۔قومی تعلیمی پالیسی 2020 میں بھی مادری اور علاقائی زبانوں میں تعلیم کی فراہمی پر کافی زور دیا گیا ہے۔

اُردو کے ذریعے علوم کو فروغ دینے کا واحد مقصد و منشا اُردو داں طبقے تک عصری علوم کو پہنچانا ہے۔ایک طویل عرصے سے اُردو کا دامن علمی مواد سے لگ بھگ خالی رہا ہے۔کسی بھی کتب خانے یا کتب فروش کی الماریوں کا سرسری جائزہ اس بات کی تصدیق کر دیتا ہے کہ اُردو زبان سمٹ کر چند ''ادبی'' اصناف تک محدود رہ گئی ہے۔یہی کیفیت اکثر رسائل و اخبارات میں دیکھنے کو ملتی ہے۔اُردو قاری اور اُردو سماج دورِ حاضر کے اہم ترین علمی موضوعات سے نابلد ہیں۔چاہے یہ خود ان کی صحت و بقا سے متعلق ہوں یا معاشی اور تجارتی نظام سے،یا مشینی آلات ہوں یا ان کے گرد و پیش ماحول کے مسائل ہوں،عوامی سطح پر ان شعبہ جات سے متعلق اردو میں مواد کی عدم دستیابی نے عصری علوم کے تئیں ایک عدم دلچسپی کی فضا پیدا کر دی ہے۔یہی وہ چیلنجز ہیں جن سے اُردو یونیورسٹی کو نبرد آزما ہونا ہے۔نصابی مواد کی صورت حال بھی کچھ مختلف نہیں ہے۔اِسکولی سطح پر اُردو کتب کی عدم دستیابی کے چرچے ہر تعلیمی سال کے شروع میں زیر بحث آتے ہیں۔چوں کہ اُردو یونیورسٹی کا ذریعہ تعلیم اُردو ہے اور اس میں عصری علوم کے تقریباً سبھی اہم شعبہ جات کے کورسز موجود ہیں لہٰذا اِن تمام علوم کے لیے نصابی کتابوں کی تیاری اِس یونیورسٹی کی اہم ترین ذمہ داری ہے۔

مجھے اِس بات کی بے حد خوشی ہے کہ یونیورسٹی کے ذمہ داران بشمول اساتذہ کرام کی انتھک محنت اور ماہرین علم کے بھرپور تعاون کی بنا پر کتب کی اشاعت کا سلسلہ بڑے پیمانے پر شروع ہو چکا ہے۔ایک ایسے وقت میں جب کہ ہماری یونیورسٹی اپنی تاسیس کی 25ویں سالگرہ منا رہی ہے،مجھے اس بات کا انکشاف کرتے ہوئے بہت خوشی محسوس ہو رہی ہے کہ یونیورسٹی کا نظامتِ فاصلاتی تعلیم از سرنو اپنی کارکردگی کے نئے سنگِ میل کی طرف رواں دواں ہے اور نظامتِ فاصلاتی تعلیم کی جانب سے کتابوں کی اشاعت اور ترویج میں بھی تیزی پیدا ہوئی ہے۔نیز ملک کے کونے کونے میں موجود تشنگانِ علم فاصلاتی تعلیم کے مختلف پروگراموں سے فیضیاب ہو رہے ہیں۔گرچہ گزشتہ برسوں کے دوران کووڈ کی تباہ کن صورتِ حال کے باعث انتظامی امور اور ترسیل و ابلاغ کے مراحل بھی کافی دشوار کن رہے تاہم یونیورسٹی نے اپنی حتی المقدور کوششوں کو بروئے کار لاتے ہوئے نظامتِ فاصلاتی تعلیم کے پروگراموں کو کامیابی کے ساتھ روبہ عمل کیا ہے۔میں یونیورسٹی سے وابستہ تمام طلبا کو یونیورسٹی سے جڑنے کے لیے صمیم قلب کے ساتھ مبارک باد پیش کرتے ہوئے اس یقین کا اظہار کرتا ہوں کہ ان کی علمی تشنگی کو پورا کرنے کے لیے مولانا آزاد اردو یونیورسٹی کا تعلیمی مشن ہر لحہ ان کے لیے راستے ہموار کرے گا۔

پروفیسر سید عین الحسن

وائس چانسلر

پیغام

فاصلاتی طریقۂ تعلیم پوری دنیا میں ایک انتہائی کارگر اور مفید طریقۂ تعلیم کی حیثیت سے تسلیم کیا جاچکا ہے اور اس طریقۂ تعلیم سے بڑی تعداد میں لوگ مستفید ہو رہے ہیں۔ مولانا آزاد نیشنل اُردو یونیورسٹی نے بھی اپنے قیام کے ابتدائی دنوں ہی سے اردو آبادی کی تعلیمی صورت حال کو محسوس کرتے ہوئے اِس طرزِ تعلیم کو اختیار کیا۔ مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی کا آغاز 1998 میں نظامت فاصلاتی تعلیم اور ٹرانسلیشن ڈویژن سے ہوا اور اس کے بعد 2004 میں باقاعدہ روایتی طرز تعلیم کا آغاز ہوا اور بعد ازاں متعدد روایتی تدریس کے شعبہ جات قائم کیے گئے۔ نو قائم کردہ شعبہ جات اور ٹرانسلیشن ڈویژن میں تقرریاں عمل میں آئیں۔ اس وقت کے اربابِ مجاز کے بھرپور تعاون سے مناسب تعداد میں خود مطالعاتی مواد تحریر و ترجمے کے ذریعے تیار کرائے گئے۔

گزشتہ کئی برسوں سے یو جی سی۔ ڈی ای بی UGC-DEB اس بات پر زور دیتا رہا ہے کہ فاصلاتی نظامِ تعلیم کے نصابات اور نظامات کو روایتی نظامِ تعلیم کے نصابات اور نظامات سے کما حقہٗ ہم آہنگ کر کے نظامتِ فاصلاتی تعلیم کے طلبا کے معیار کو بلند کیا جائے۔ چوں کہ مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی فاصلاتی اور روایتی طرزِ تعلیم کی جامعہ ہے، لہٰذا اس مقصد کے حصول کے لیے یو جی سی۔ ڈی ای بی کے رہنمایانہ اصولوں کے مطابق نظامتِ فاصلاتی تعلیم اور روایتی نظامِ تعلیم کے نصابات کو ہم آہنگ اور معیار بلند کر کے خود اکتسابی مواد SLM از سرِ نو بالترتیب یو جی اور پی جی طلبا کے لیے چھ بلاک چوبیس اکائیوں اور چار بلاک سولہ اکائیوں پر مشتمل نئے طرز کی ساخت پر تیار کرائے جا رہے ہیں۔

نظامتِ فاصلاتی تعلیم یو جی، پی جی، بی ایڈ، ڈپلوما اور سرٹیفکیٹ کورسز پر مشتمل جملہ پندرہ کورسز چلا رہا ہے۔ بہت جلد تکنیکی ہنر پر مبنی کورسز بھی شروع کیے جائیں گے۔ متعلمین کی سہولت کے لیے 9 علاقائی مراکز بنگلورو، بھوپال، دربھنگہ، دہلی، کولکاتا، ممبئی، پٹنہ، رانچی اور سری نگر اور 6 ذیلی علاقائی مراکز حیدرآباد، لکھنؤ، جموں، نوح، وارانسی اور امراوتی کا ایک بہت بڑا نیٹ ورک تیار کیا ہے۔ ان مراکز کے تحت سرِ دست 144 متعلم امدادی مراکز (Learner Support Centres) نیز 20 پروگرام سنٹرس (Programme Centres) کام کر رہے ہیں، جو طلبا کو تعلیمی اور انتظامی مدد فراہم کرتے ہیں۔ نظامت فاصلاتی تعلیم نے اپنی تعلیمی اور انتظامی سرگرمیوں میں آئی سی ٹی کا استعمال شروع کر دیا ہے، نیز اپنے تمام پروگراموں میں داخلے صرف آن لائن طریقے ہی سے دے رہا ہے۔

نظامتِ فاصلاتی تعلیم کی ویب سائٹ پر متعلمین کو خود اکتسابی مواد کی سافٹ کاپیاں بھی فراہم کی جا رہی ہیں، نیز جلد ہی آڈیو۔ ویڈیو ریکارڈنگ کا لنک بھی ویب سائٹ پر فراہم کیا جائے گا۔ اس کے علاوہ متعلمین کے درمیان رابطے کے لیے ایس ایم ایس کی سہولت فراہم کی جا رہی ہے، جس کے ذریعے متعلمین کو پروگرام کے مختلف پہلوئوں جیسے کورس کے رجسٹریشن، مفوضات، کونسلنگ، امتحانات وغیرہ کے بارے میں مطلع کیا جاتا ہے۔

امید ہے کہ ملک کی تعلیمی اور معاشی حیثیت سے پچھڑی اردو آبادی کو مرکزی دھارے میں لانے میں نظامتِ فاصلاتی تعلیم کا بھی نمایاں رول ہو گا۔

پروفیسر محمد رضا اللہ خان

ڈائرکٹر، نظامت فاصلاتی تعلیم

کورس کا تعارف

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی کے مختلف شعبہ جات میں سن 2016ء سے سی بی ایس ای (CBSE) نصاب متعارف ہوا۔ یہ کتاب حرارتی طبیعیات (Thermal Physics) کے ان موضوعات سے بحث کرتی ہے جنہیں مولانا آزاد نیشنل اُردو یونیورسٹی کے بی ایس سی (فزیکل سائنس) پروگرام کے سال دوم (سمسٹر۔IV) کے طبیعیاتکے نصاب میں شامل کیا گیا ہے۔ یہ موضوعات مضمون کی جدید تحقیقات کا احاطہ کرتے ہیں، اور بی۔ ایس سی۔ (.B.Sc) کورس کے سال دوم میں مطالعے کے لیے انہیں شریک کیا گیا ہے۔ سہولت کی خاطر نصاب کو چھ بلاکس (Blocks) میں تقسیم کیا گیا ہے۔ ہر ایک بلاک چند اکائیوں پر مشتمل ہے۔ ہر اکائی میں بالعموم مضمون کے مخصوص نکات کو ملحوظ رکھا گیا ہے۔ اکائیوں کو ماہرین کے ذریعے ایک مخصوص خاکے (Format) کے مطابق تیار کیا گیا ہے۔ خاکہ کچھ اس طرح ہے کہ طالب علم انہیں پڑھ کر بغیر کسی دقت کے سمجھ جائے۔ ہر اکائی کا آغاز اس کے مقاصد، مفہوم، ذاتی تصدیق اور اسکے مطالعے کے بعد حاصل ہونے والے واقفیت پسندانہ بیان سے ہوتا ہے۔ ہر اکائی کے اختتام پر خلاصہ، معروضی سوالات، نمونہ امتحانی سوالات اور مشقیں دی گئی ہیں تاکہ طلبا نفس مضمون کے صحیح ادراک کا امتحان کرلیں۔

زیر نظر کتاب مولانا آزاد نیشنل اُردو یونیورسٹی کے فاصلاتی نظام اور روایتی طلباء کے ساتھ ساتھ سائنسی مضامین میں دلچسپی رکھنے والے اردو قارئین اور مدارس کے طلباء کے لیے بھی مفید ثابت ہوسکتی ہے۔ آسان اردو زبان میں لکھی گئی ہے۔ تکنیکی اصطلاحات کے خالص اردو ترجمے سے گریز کیا گیا ہے تاکہ طلباء دنیا میں کثرت سے استعمال ہورہی انگریزی اصطلاحات سے واقف ہوسکیں۔

اس کتاب کے مصنفین امید کرتے ہیں کہ اس کورس میں پیش کردہ موضوعات طلباء کو حرارتی طبیعیاتکے نظریات، اصولوں اور اطلاقات سے واقف کروائیں گے۔ مزید امید ہے کہ قارئین اور ماہرین اپنے مشوروں سے بھی نوازیں گے۔

پروفیسر۔ ایچ علیم باشاہ
پروگرام کوآرڈی نیٹر

حرارتی طبیعیات

(Thermal Physics)

اکائی 1۔ گیسوں کا نظریہ تحریک

(Kinetic Theory of Gases)

اکائی کے اجزا

1.0 تمہید

1.1 مقاصد

1.2 گیسوں کے نظریہ تحرک کے بنیادی مفروضات

1.3 میکس ویل کے سالمات کی چالوں کا تقسیمی کلیہ

1.4 سالمات کی چال $\bar{C}$، کثیر امکانی چال c_p اور اوسط جذر المربع چال

1.5 حل شدہ مثالیں

1.6 اکتسابی نتائج

1.7 کلیدی الفاظ

1.8 نمونہ امتحانی سوالات

1.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

1.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

1.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

1.8.4 غیر حل شدہ سوالات

1.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد

1.0 تمہید(Introduction)

Kinesis کے معنی حرکت کے ہیں۔ گیسوں کے نظریہ کو پروان چڑھانے میں میکس ویل کلاشیس(Clasisius)وغیرہ شامل ہیں۔اس نظریہ کے مطابق ہر گیس سالمات(Molecules)پر مشتمل ہوتی ہے۔ان سالمات کو استوار کامل، لچکدر اور آپس میں اسطرح شامل کیا جاتا ہے۔یہ سالمات بے ترتیب(Random)میں رہتے ہیں۔اس بے ترتیب حرارت کے دوران سالمات دیواروں سے ٹکراتے ہیں۔یہ تصادات لچکدار ہوتے ہیں اور تصادم کے دوران توانائی کا نقصان نہیں ہوتا۔گیسوں کے نظریہ کی بنیاد پر گیس کے دباؤ تپش، طاقت، توانائی، حرارت نوعی وغیرہ کی تدوین کرنے میں مدد ملتی ہے۔

1.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- گیسوں کے نظریہ تحرک کے بنیادی مفروضاتکو سمجھیں گیں۔
- میکس ویل کے سالمات کی چالوں کا تقسیمی کلیہ بارے میں معلومات حاصل کریں گیں۔
- سالمات کی اوسط، کثیر ممکن اور اوسط جذر المربع چال تفصیلی بحث کرنا ہے۔

1.2 گیسوں کے نظریہ تحریک کے بنیادی مفروضات

(Fundamental Assumption of Kinetic theory of Gases)

1. ایک گیس انتہائی چھوٹے ذرات پر مشتمل ہوتی ہے۔انہیں سالمات(Molecules)کہتے ہیں۔ایک گیس نے تمام سالمات میں خصوصیات رکھتے ہیں۔
2. ایک گیس کے سالمہ کو قابل لچکدار تصور کیا جاتا ہے۔
3. برتن نے حجم کے مقابلے میں سالمات کا حجم قابل نظر انداز ہوتاہ۔
4. ایک برتن میں سالمات بے ترتیب حرارت میں رہتے ہیں یعنی یہ تمام رفتاروں سے حرکت کرتے ہیں۔
5. سالموں کے درمیان میں سالماتی قوت قابل نظریہ رول ادا کرتی ہے کیونکہ سالمات اور سطحوں کے مقابلہ میں گیس کے سالمات ہوتے ہے۔
6. اپنی حرکت کے دوران سالمات برتن کی دیواروں اور خود ایک دوسرے سے ٹکراتے ہیں۔متواتر تصادم کے دوران سالموں کی رفتار مستقل ہوتی ہے۔

7. سالمات کی توانائی خالص بالحرکت ہوتی ہے جو گیس کی تپش پر منحصر ہوتی ہے۔ تصادم کے دوران توانائی کا نقصان نہیں ہوتا اور یہ مستقل رہتی ہے۔ وہ تپش جس پر کسی گیس کے سالمہ کی توانائی بالحرکت صفر ہوجاتی ہے ۔ تپش مطلق(Absolute Temperature) کہلاتی ہے۔

8. انفرادی سالمات کی اوسط چالوں کی اوسط مربع کا جذر اوسط جذر المربع چال Root Mean Sqaure Speed, rms جس کو $C^2 = Crms$ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

یہ مفروضات گیس کے دباؤ توانائی وغیرہ کی مساوات حل کرنے میں مدد و معاون ہوتے ہیں۔

ان مفروضات کی بنیاد پر گیس کے عائد کردہ دباؤ کی مساوات ہے۔

$$P = \frac{1}{3}\frac{mnC^2}{V} = \frac{1}{3}\frac{M}{V}\overline{C^2} = \frac{1}{3}\rho\overline{C^2} \qquad \text{-------}(1.1)$$

جہاں V برتن کا حجم n سالمات کمیت عداد اور m ہر سالمہ کی کمیت ہے۔(mn=M) گیس کی کمیت اور M/V گیس کی کثافت ρ ہے $\overline{C^2}$ سالمہ کی اوسط مربع چال ہے۔

$$\overline{C^2} = \frac{{C_1}^2 + {C_2}^2 + \text{----} + Cn^2}{n}$$

$$Crms = \sqrt{\overline{C^2}}$$

اس کو سالمہ کی اوسط جذر المربع چال Root Mean Square Speed (rms) کہتے ہیں۔

مساوات کی (1) کی روسے

$$Crms = \sqrt{\overline{C^2}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

$$M - mn \text{ اور } \rho = M/V$$

اس لیے

$$Crms = \sqrt{\frac{3PV}{mn}} \qquad \text{---------}(1.2)$$

ایک کامل گیس مساوات کی روسے

$$PV = nRT$$

$$Crms = \sqrt{\overline{C^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{m}} \qquad \text{---------}(1.3)$$

مساوات (1.1) کو ہم اس طرح بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$P = \frac{2}{3}\frac{1}{2}\rho\overline{C^2} = \frac{2}{3} \quad (\text{سالمہ کی توانائی بالحرکت})$$

یا

$$P = \frac{2}{3}\left(K.E\text{ سالمہ کی}\right) \qquad \text{---------}(1.4)$$

مساوات(1.4) یہ ظاہر کرتی ہے کہ دباؤ سالمہ کی انتقالی (ٹرانسلیٹری) توانائی کی بالحرکت فی اکائی حجم کا دو تہائی ہوتا ہے۔

نظریہ تحرک میں تپش کا مفروضہ شامل کیا گیا ہے جس کے مطابق ایک سالمہ کی اوسط (ٹرانس لیٹری) توانائی بالحرکت راست تناسب میں رہتی ہے۔ تپش مطلق کے اس بنا پر ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\frac{1}{2}m\overline{C^2} = \frac{3}{2}KT$$

جہاں $1.38 \times 10^{-21} jmol^{-1}K^{-1}$ بولٹزمن مستقل= $Boltzman\ Constant$

جہاں $K = R/N$ آفاقی گیس مستقل= $Universal\ Gas\ Constant\ R$

$R\ 8.134\ Jmole^{-1}K^{-1}$ اور N اوگاڈرو عدد= $Avagadro's\ Number = 6.023 \times 10^{21}$

لہٰذا ایک کامل گیس کی اوسط ٹرانس لیٹری توانائی بالحرکت فی اکائی سالمہ $\frac{3}{2}KT$ ہوتی ہے۔

اگر مساوات(1.4) میں ہم T=0 درج کریں تو $\overline{C^2} = 0$ ہو جائے گا۔

لہٰذا نظریہ تحرک کے مطابق تپش مطلق وہ تپش ہے جس پر سالمات کی حرکت رک جاتی ہے۔ لیکن در حقیقت یہ صحیح نہیں ہے۔ کیونکہ تپش مطلق پر بھی بعض سالمات میں کم از کم توانائی پائی جاتی ہے۔ اس کو صفری نقطہ نظر Zero Point Energy کہتے ہیں۔

1.3 میکس ویل کا سالمات کی چالوں کا تقسیمی کلیہ

(Maxwell's Law of Distribution of Molecular Speed)

گیسوں کے نظریہ تحرک کے مطابق ایک گیس کثیر سالمات پر مشتمل ہوتی ہے۔ جو ہر وقت حالت حرکت میں رہتے ہیں۔ یہ سالمات ہمہ وقت آپس میں اور برتن کی دیواروں سے ٹکراتے رہتے ہیں اس لیے ان کی رفتاریں اور سمت بدلتی رہتی ہے۔ اس لیے ہم کہہ سکتے ہیں کہ گیس میں سالمات تمام تر ممکنہ رفتاروں کے ساتھ حرکت میں رہتے ہیں۔ لیکن ایک معینہ تپش پر گیسوں کی اوسط جذر المربع (روٹ مین اسکوائر) رفتار تبدیل نہیں ہوتی۔ گیس کے سالمات میں چالوں کی تقسیم کا کلیہ سب سے پہلے میکس ویل نے پیش کیا۔

میکس ویل کے کلیہ کے مطابق گیس کے سالمات کی تعداد dnc جن کی اسپیڈ C اور dc+c کے درمیان میں ہو گی۔

$$dnc\text{ؤ}4\Pi\left[\frac{m}{2\pi KT}\right]^{3/2} e^{-mc2/2kt}c^2dc$$

جہاں

n= گیس کے سالمات کی مجموعی تعداد

m= ہر سالمہ کی کمیت

k= بولٹز من مستقل

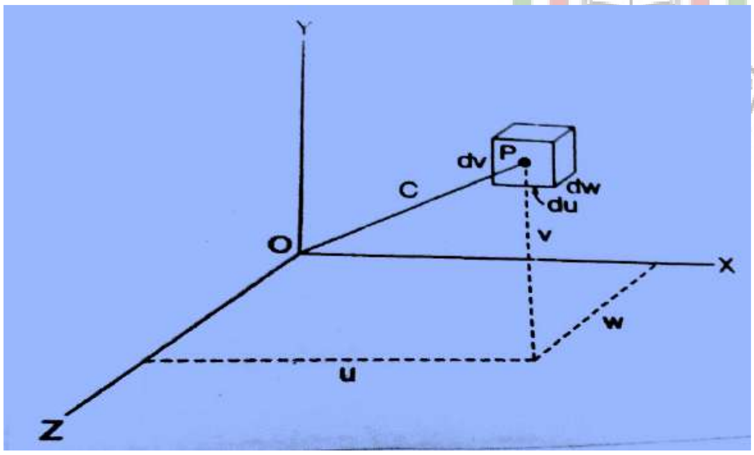
T= تپش مطلق

کلیہ کا اخذ کرنا(Derivation of the Law)

سالموں کی اسپیڈ کی تقسیم کے کلیہ کو اخذ کرنے کے لیے میکس ویل نے حسب ذیل نظریات قائم کیے۔

1. ایک گیس میں سالموں کی رفتار ممکنہ حد تک صفر سے لامتناہی کے درمیان ہوتی ہے۔
2. برتن میں موجود گیس کی اوسط کثافت حالت توازن میں ہر نقطہ پر مساوی ہوتی ہے۔
3. اگرچہ انفرادی سالمات کی رفتاریں بدلتی رہتی ہیں لیکن معین سالمات کی تعداد کی رفتار معین حدود کے درمیان رہتی ہے۔
4. کسی بھی بے ترتیب منتخبہ سالمہ کی رفتاریں معین حدود میں رہنے کا امکان رفتار کے تفاعل اور زیر غور حدود پر رہتا ہے۔
5. ایک سالمہ کی رفتار کے تین اجزاء جو باہمی طور پر عموددار ہوں ایک دوسرے سے غیر متعلق رہتے ہیں۔

ہم سالمات کی چال کو ایک خاکے کے ذریعہ ظاہر کرتے ہیں جہاں 'O' مبداء Origin ہے اور OY, OX اور OZ محوری عدد ہیں۔



$\frac{1}{2}m\bar{c}^2 = \frac{3}{2}KT$

ایوریج $\frac{3}{2}KT = K.E$

سالمہ کی اوسط توانائی ہر ڈگری آف فریڈیم کے لیے $\frac{1}{2}KT$

ہر سالمہ کے لیے $P = \frac{2}{3}K.E$

شکل(1.1)

جیسا کہ شکل(1.1) میں دکھایا گیا ہے فرض کیجئے کہ ایک سالمہ کی چال C ہے جس کو سمتیہ $\overline{OP} = C$ سے ظاہر کیا گیا ہے۔ فرض کیجئے اس سمتیہ کا ضل(پروجیکشن) Y, X اور Z سمتیوں میں بالترتیب v, u اور ω ہے۔ تمام سالمات جن کی رفتار کے جز حدود u اور $(u + du)$، v اور $(v + dv)$ اور ω اور $(\omega + d\omega)$ کے درمیان ہوتے ہیں۔ حجمی عنصر $(dudvd\omega)$ کے اندر محیط

ہوں گے جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔ بالفاظ دیگر اس حجمی عنصر کے اندر ایک نقطہ مشابہ ہوتا ہے ایک ذرے کے جس کی رفتار کے جز u $(u + du)$، v، $(v + du)$ اور ω، $(\omega + d\omega)$ کے درمیان ہوں گے۔

ایک دیئے ہوئے سالمہ کی رفتار u اور $(u + du)$ کے درمیان پائے جانے کا امکان خالص u اور $(u + du)$ کا تفاعل ہوتا ہے جسکو بطور $f(u)du$ لکھا جاتا ہے جہاں $f(u)$ رفتار u کا تفاعل ہے۔ اسی طرح ایک سالمہ کی رفتاری v اور $v + dv$ کے درمیان پائے جانے کا امکان $f(v)dv$ اور w اور $(w + dw)$ کے درمیان پائے جانے کا امکان $f(w)dw$ ہوتا ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ ایک مخلوط واقعہ (Composite event) کا امکان مساوی ہوتا ہے۔ انفرادی واقعہ کے امکانات کے حاصل ضرب کے لہٰذا ایک سالمہ کی رفتار کے جز u اور $u + du$ اور v، $v + dv$ اور w اور $w + dw$ کے درمیان پائے جانے کا امکان ہوگا۔

$$f(u)f(v)f(w)du\ dv\ dw$$

سالمات کی حاصل رفتار ایک واحد سمتیہ c ہوگی۔ واحد رفتار کی قیمت C اور حجمی عنصر $dudvdw$ کے درمیان پائے جانے کا امکان c اور $dudvddw$ کا تفاعل ہوگا جس کو ہم $F(c)du\ dv\ dw$ سے تعبیر کریں گے۔ یا اور موزوں طریقے سے $\phi(C^2)dudvdw$ سے تعبیر کریں گے۔

جہاں ϕ ایک فنکشن (تفاعل) ہے۔ لہٰذا ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$f(u)f(v)f(w)dudvdw = \phi(c^2)dudvdw$$

یا

$$f(u)f(v)f(w) = \phi(c^2) = \phi(u^2 + v^2 + w^2) \qquad \text{----------}(1.5)$$

جہاں
$$C^2 = u^2 + v^2 + w^2$$

مساوات (1.5) کو حل کرنے کے لیے ہم غور کریں کہ c کی ایک خاص قیمت کے لیے $\phi(c^2)$ مستقل ہوگا یعنی اس مقدار کا تفرق (Differential) صفر ہوتا ہے۔

لہٰذا
$$0 = d\big(\phi(c^2)\big) \qquad \text{--------}(1.6)$$

مساوات (1.5) کا تفرق لینے پر ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$0 = d(f(u)f(v)f(w)) = d\big(\phi(c^2)\big)$$
یا

$$f(u)f(v)f(w)du + f(u)f(v)f(w)dv + f(u)f(v)f(w)dw = 0 \text{----}(1.7)$$

جہاں $f(u)$، $f(v)$ اور f(w) ان کے متعلقہ مشق (Derivatives) ہیں۔

مساوات(1.7)کو $f(u)f(v)f(w)$ سے تقسیم کرنے پر

$$\frac{f(u)}{f(u)}du + \frac{f(v)}{f(v)}dv + \frac{f(w)}{f(w)}dw = 0 \qquad \text{------}(1.8)$$

ہم جانتے ہیں کہ $C^2 + u^2 + v^2 + w^2$

تفریق لینے پر $0 - 2udn + 2vdv + 2wdw = 0$ یا

$$udu + vdv + wdw = 0 \qquad \text{--------} (1.9)$$

مساوات(5)کو λ سے ضرب دینے پر

$$\lambda udu + \lambda vdv + \lambda wdw = 0 \qquad \text{----------}(1.10)$$

جہاں λ ایک مستقل مقدار ہے۔

مساوات(1.8)اور(1.10)کو جمع کرنے پر

$$\left[\left(\frac{f(u)}{f(u)} + \lambda u\right)du + \left(\frac{f(v)}{f(v)} + \lambda v\right)dv + \left(\frac{f(w)}{f(w)} + \lambda w\right)dw\right] = 0 \qquad \text{--------}(1.11)$$

چونکہ u, v اور w ایک دوسرے سے غیر متعلق(Independent)ہیں اس لیے مساوات(1.11)اسی وقت صحیح ہو گی جب اس کا ہر جز(Term)علاحدہ طور پر صفر کے مساوی ہو گا۔

لہٰذا

$$\left(\frac{f(u)}{f(u)} + \lambda u)du\right) = 0$$

$$\left(\frac{f(v)}{f(v)} + \lambda v)dv\right) = 0 \qquad \text{---------}(1.12)$$

$$\left(\frac{f(w)}{f(w)} + \lambda w)dw\right) = 0$$

مساوات(1.12)کی پہلی مساوات کے ذریعہ

$$\frac{f(u)}{f(u)}du = \lambda u\, du$$

تکملہ(Integration)لینے پر

$$\log_e f(u) = -\lambda\frac{u^2}{2} + \log_e a$$

جہاں $\log_e a$ تکملہ کا مستقل ہے۔

$$\log_e f(u) - \log_e a = -\frac{\lambda u^2}{2}$$ یا

یا $\log_e f\frac{(u)}{a} = -\frac{\lambda u^2}{2}$

یا $\frac{f(u)}{a} = e^{-\lambda^{u^2}}2$

$$f(u) = a^{-\lambda^{\frac{u^2}{2}}} = ae^{-bu^2} \text{ ------}(1.13) \quad \text{جہاں} \quad \left({}^{\lambda}/_{2} = b\right)$$

اسی طرح مساوات (1.13) کے دوسرے اور تیسرے جز کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$f(v) = ae^{-bv^2} \text{ ----------}(1.14)$$

$$f(w) = a\,e^{-bw^2} \text{ ----------}(1.15)$$

مساوات (1.13)(1.14)اور (1.15) کی رو سے

$$f(u)f\,(v)f(w) = ae^{-bu^2}\,ae^{-bv^2}a\,e^{-bw^2}$$

$$f(u)f(v)f(w) = a^3a^{-b\,(u^2+v^2+w^2)} \text{ ---------}(1.16)$$

مستقل a اور b کی قیمت معلوم کرنے کے لیے مساوات (1.16) پر باﺅنڈوری (Boundary) شرائط عائد کر کے تکمیلہ لیا جاتا ہے۔

فرض کیجئے کہ گیس کے سالمات کی تعداد فی معکب سنٹی میٹر n ہے جب کہ تمام ممکنہ رفتار میں $-\infty$ سے $+\infty$ کے درمیان ہیں۔

تھیوری آف پرابلیٹی کی تعریف کے مطابق:

$$n\int\int_{-}^{+}\int_{\infty}^{\infty} a^3e^{-b\,(u^2+v^2+w^2)}$$

مساوات (1.16) سے $f(u)f(v)f(w)$ کی قیمت درج کرنے پر

$$\int\int_{-}^{+}\int_{\infty}^{\infty} a^3e^{-b\,(u^2+v^2+w^2)}du\,dv\,dw = 1$$

ہم جانتے ہیں کہ ایک ڈیفی نائٹ انٹگرل کی قیمت ہوتی ہے۔

$$\int\int_{-}^{+}\int_{\infty}^{\infty} a^3e^{-bu}\,du = \sqrt{\frac{\Pi}{a}}$$

$$\therefore a^3\left(\sqrt{\frac{\Pi}{a}}.\sqrt{\frac{\Pi}{a}}.\sqrt{\frac{\Pi}{a}}\right) = 1$$

$$a^3\left(\sqrt{\frac{\Pi}{a}}\right)^{3/2} = 1$$

یا $a = \left(\frac{b}{\Pi}\right)^{1/2}$

آئندہ ہم دیکھیں گے کہ $b = \frac{m}{2KT}$ جہاں $m =$ سالمہ کی کیت $K =$ بولٹزمن مستقل $T =$ تپش مطلق لہذا

$$a = \left(\frac{b}{\pi}\right)^{1/2} = \left(\frac{m}{2\pi kt}\right)^{1/2} \qquad \text{-------}(1.17)$$

اور

$$b = \frac{m}{2KT}$$

اس طرح dn تعداد سالموں کی چالوں کے ٹرم جو $u, u + du$ اور $v, (u + dv)$ اور $w, (w + dw)$ کے درمیاں ہوں گے ہم لکھ سکتے ہیں:

مساوات(1.16) سے $f(u)f(v)\ f(w)$ کی قیمت درج کرنے پر

$$dn = n\ f(u)f(v)f(w)du\ dv\ dw$$

مساوات(1.16) سے $f(u)f(v)f(w)$ کی قیمت درج کرنے پر

$$dn = n\ a^3 e^{-b(u^2+v^2+w^2)}du\ dv\ dw$$

مساوات(1.17) سے n اور b کی قیمت درج کرنے پر

$$dn = n\ \left(\frac{m}{2\pi kt}\right)^{3/2} \frac{-m}{e^{2kT}}(u^2 + v^2 + w^2) \qquad \text{-------}(1.18)$$

یہ میکس ویل کا ڈسٹری بیوشن کلیہ ہے۔

سالمات کی مجموعی تعدد جن کی اسپیڈ رینج c اور $c + dc$ حدود کے درمیان رہتی ہیں انہیں حاصل کرنے کے لیے ہم یہ مانیں گے والیم ایلیمنٹ دو ہم مرکز کروں کے نصف قطروں c اور $c + dc$ کے درمیان کی جگہ ہے جسے اوریجن سے کھینچا گیا ہے تب اس اہم مرکز کرہ کا حجم ہو گا۔

(چھوٹے ٹرمس کو نظر انداز کرنے پر)

$$\frac{4}{3}\Pi[(c = dc)^3 - c^3] = 4\Pi c^2 dc$$

یہ مساوی ہے اس رفتار کے جو والیوم ایلیمنٹ $(dudvdw)$ میں پائی جاتی ہے۔

لہذا مساوات(1.18) میں $dudvdw$ کے بجائے $4\Pi c^2 dc$ اور $c^2 = u^2 + v^2 + w^2$ درج کرنے پر

$$dn_c = n\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} e^{(-m/2\pi kT)^{c^2}} \times 4\Pi c^2 dc \qquad \text{----------}(1.19)$$

یا

$$\frac{dn_c}{n} = 4\Pi\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} e^{(-mc^2/2kT)}c^2 dc \qquad \text{----------}(1.20)$$

مساوات(1.20)میکس ویل کی لا آف ڈسٹری بیوشن آف مالیکولر اسپڈس کہلاتی ہے۔

مساوات (1.20) میں $\frac{dnc}{n}$ مجموعی سالمات n کے کسر(Fraction) کو ظاہر کرتی ہے۔ جس کی چال کی حدیں (Limits)cاور$(c + dc)$کے درمیان ہوتی ہے اس کسر کو عام طور پر f سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ اس کسر کو عام طور پر $f =$ $p(c)dc$لکھاجاتاہے۔

لہٰذا
$$f = p(c)dc = 4\Pi(m)^{3/2} x e^{\frac{-mc^2}{2\pi kT}} c^2 dc$$

$$p(c) = 4\Pi\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} e^{\frac{-mc^2}{2kT}} c^2 \qquad \text{---------(1.21)}$$

یہاں یہ تذکرہ اہم ہے کہ$p(c)dc$سالمات کے کسر کو ظاہر کرتی ہے جن کی رفتاریں cاور$(c + dc)$کے درمیان ہوتی ہیں جبکہ $p(c)$سالمات کی اس کسر کو ظاہر کرتی ہے جن کی رفتاریں cکے اطراف اکائی رفتاروقفہ کے برابر ہوتی ہیں۔

اسپیڈ ڈسٹری بیوشن کروس(Speed Distribution Curves):

1. مستقل تپش پر رفتار کی تقسیمی منحنی:

شکل(1.2)میں رفتار تقسیمی تفاعل $p(c)$کوایک خاص تپش پر cکے تفاعل کے طور پر دکھایا گیاہے۔

$$\bar{C} = 1.59\sqrt{\frac{kT}{m}}$$

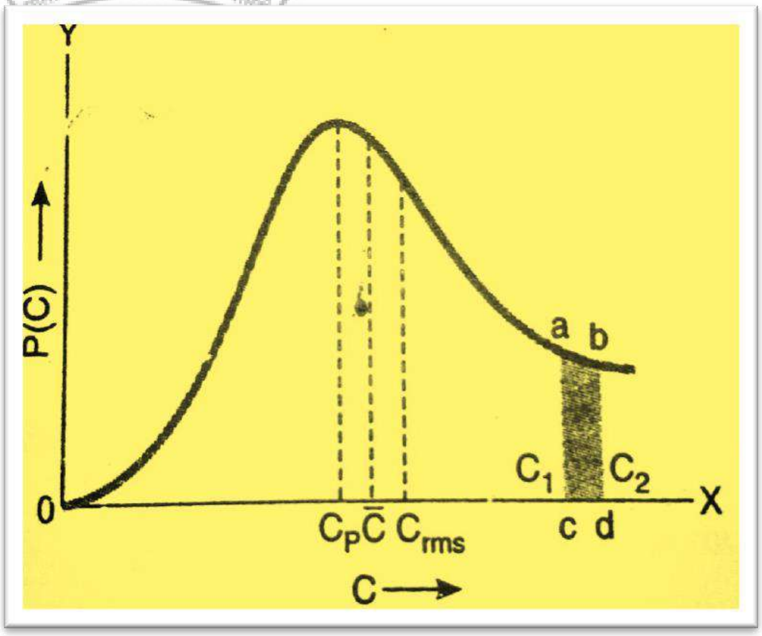
$$Cp = 1.41\sqrt{\frac{kT}{m}}$$

$$C_{rms} = 1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$$

$$C_{rms} > \bar{C} > Cp$$

$$C_{rms}; \bar{C} > Cp$$

$$1: 0.921: 0.817$$



شکل(1.2)

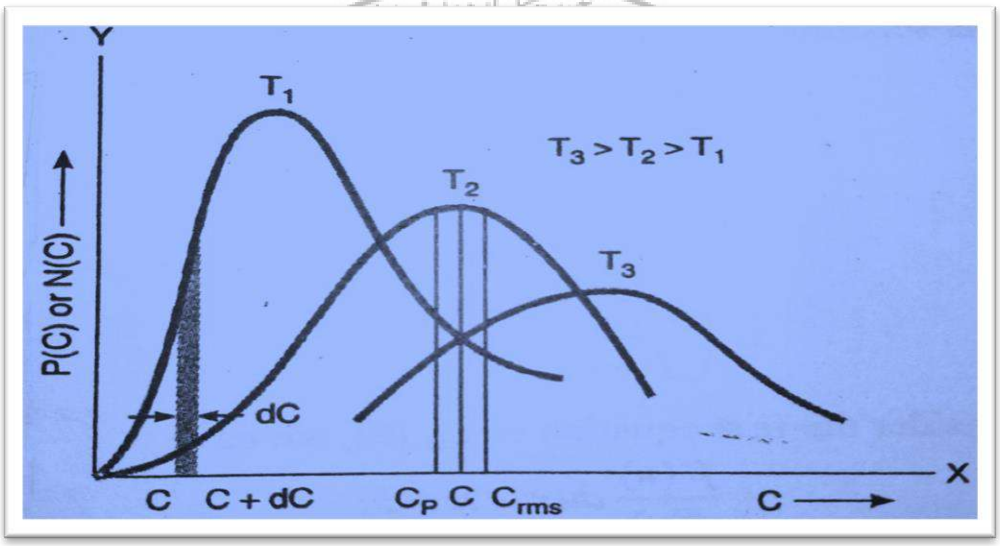
ترسیم سے حسب ذیل نکات کا مشاہدہ کیا جا سکتا ہے۔

i. کسی بھی تپش پر ڈسٹری بیوشن کروا اپنی چوٹی (Peak) پر غیر متشاکل (Asymmetrical) ہے اس کی وجہ یہ ہے کہ سالمی کی اقل ترین رفتار کی حد صفر ہے جب کہ اس کی اعظم ترین رفتار کی کوئی حد نہیں ہے۔

ii. یہ مشاہدہ کیا جا سکتا ہے کہ سالمہ کی اوسط چال $\bar{C}$ کچھ زیادہ ہے کثیر ممکن چال Cp جب کہ rms رفتار C_{rms} کچھ زیادہ ہے $\bar{C}$ سے اگر ہم کوئی دور رفتار c_1 اور c_2 پر غور کریں تب سالموں کی تعداد dc چال کیساتھ مساوی ہوتی ہے abcd کے رقبہ کے۔ صفر اور C کے درمیان تمام سالمات کے کسر کو جمع کریں تب کل رقبہ سے ہمیں گیس میں موجود تمام سالمات کی تعداد حاصل ہوتی ہے۔ لہٰذا منحنی $P(c)$ اور C کے درمیان کا رقبہ مجموعی سالمات کی تعداد کو ظاہر کرتا ہے۔

iii. کثیر امکانی رفتار موصت پروبیل اسپیڈ Cp وہ رفتار ہے جس پر منحنی کی قیمت اعظم ترین ہوتی ہے۔

2. مختلف تپشوں پر اسپیڈ ڈسٹری بیوشن کروس (Speed Distribution Curves at Different Temperatures)



شکل (1.3)

شکل (1.3) میں سالمات کے لیے تین مختلف تپشوں پر میکس ویل کے رفتار تقسیموں کو دکھایا گیا ہے۔ یہ ترسیم سالموں کی تعداد فی اکائی رفتاری وقفہ اور رفتار C کے درمیان کھینچی گئی ہے۔

اسی ترسیم سے ہم حسب ذیل نکات اخذ کر سکتے ہیں۔

i. کسی بھی تپش پر دیئے گئے رفتاری وقفہ میں سالموں کی تعداد اعظم ترین قیمت تک بڑھتی ہے اور پھر صفر تک گھٹتی ہے۔

ii. کسی بھی تپش پر دیے گئے رفتاری وقفہ میں سالمات کی تعداد (Shaded) شیڈ د منحنی کے درمیان رقبہ سے حاصل کی جاتی ہے۔ منحنی کا مجموعی رقبہ اور x محور پر گیس میں موجد کل سالمات کی تعداد کو ظاہر کرتا ہے جس کی مساوات

$$\int_0^\infty N(d)dc \quad .1$$

iii. تپش میں اضافہ سے ڈسٹری بیوشن کرو (منحنی) چپٹی اور چوڑی ہو جاتی ہے لیکن منحنی کا رقبہ مساوی رہتا ہے۔

iv. وہ اسپیڈ جس پر سالموں کی اسپیڈ اعظم ترین ہوتی ہے وہ منحنی کی پیک کی قیمت سے مطابقت رکھتی ہے اس کو موسٹ پروبیبل اسپیڈ c_p کہتے ہیں۔ جس کو شکل میں دکھایا گیا ہے۔

کسی بھی تپش پر ڈسٹری بیوشن کرو چوٹی پر غیر تشاکل (Non-Symmatrical) ہوتی ہے۔ شکل 1.3 سے یہ بھی ظاہر ہے کہ بہت زیادہ اور بہت کم چالیس بہت قرین قیاس یت۔

1.4 اوسط چال $\bar{C}$ کو کثیر امکانی چال c_p اور جذر اوسط مربع رفتار ایوریج اسپڈی $\bar{C}$ موصت پروبیبل اسپیڈ c_p روٹ میں اسکوائر اسپیڈ (rms)

(Average Speed $\bar{C}$, Most Probable Speed c_p Root Square Speed)

---

1. ایوریج اسپیڈ C

تمام ذرات کی چال کو مجموعی ذرات کی تعداد سے تقسیم کیا جائے تو اسے ایوریج اسپیڈ C کہتے ہیں۔

$$\bar{C} = \int_0^\infty \frac{dn_c C}{n}$$

$$= \int_0^\infty \frac{4\Pi n\left(\frac{m}{2\Pi kT}\right)^{3/2} e^{\frac{-mc^2}{2kt}} c^3 dc}{n}$$

$$= 4\Pi\left(\frac{b}{\pi}\right)^{3/2} \int_0^\infty C^3 e^{-bc^2} dc \qquad \therefore \int_0^\infty C^3 e^{-bc^2} dc = \frac{1}{2b^2}$$

$$\therefore 4\Pi\left(\frac{b}{\pi}\right)^{3/2} \frac{1}{2b^2}$$

درج کرنے پر $b = \frac{m}{2\pi kT}$

$$= \sqrt{\frac{4}{(b\pi)}} = \sqrt{\frac{8kT}{(mn)}}$$

$$\therefore \sqrt{\frac{8}{\pi}} = 1.59$$

$$c = 1.59\sqrt{\frac{kT}{(m)}} \quad \text{-------(a)}$$

2. موسٹ پرو بیبل اسپیڈ(Most Probable Speed Cp)

ایک گیس میں کثیر سالمات کی تعداد کی چال کو موسٹ پرو بیبل اسپیڈ کہتے ہیں۔

اس کے لیے ضروری ہے کہ مساوات $\frac{dn_c}{dc} = 0$ ہو۔

مساوات(1.20)کی روسے ہم چاہتے ہیں کہ

$$\frac{dn_c}{dc} = 4\Pi\left(\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} 2c\, e^{-mc^2/2kT}\right) + c^2\left[\left(\frac{-2mc}{2kT} e^{-mc^2/2kT}\right)\right] = 0$$

$$= \left(4\Pi\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} e^{\frac{-mc^2}{2kT}}\left[2c - c^2\left(\frac{mc}{kT}\right)\right] = 0$$

$$\left[2c - c^2\left(\frac{mc}{kT}\right)\right]_{c=cp} = 0$$

$$\left[2c - c^2\left(\frac{mc}{kT}\right)\right]_{c=cp} = 0$$

$$2C_p = {C_p}^2\frac{mc_P}{kT}$$

$$\frac{mc_p}{kT} = 0$$

$${C_p}^2 = \frac{2kT}{M}$$

$$C_p = \sqrt{\frac{2kT}{M}} \qquad C_p = 1.41\sqrt{\frac{kT}{M}} \quad \text{-------(b)}$$

3. روٹ مین اسکوائر اسپیڈ Root Mean Square Speed(Crms)

$$\left(\overline{C^2}\right)^{1/2}$$

اوسط رفتار کا مربع لینے پر $\overline{C^2} = \frac{1}{n}\int_0^\infty dn_c C^2$

$$\overline{C^2} = \frac{1}{n}\int_0^\infty 4\Pi\mathrm{n}\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} C^4 e^{\frac{-mc^2}{2kT}} dc$$

$$= 4\Pi\mathrm{n}\left(\frac{\mathrm{b}}{\pi}\right)^{3/2}\int_0^\infty \mathrm{c^4 x e^{-bc^2} dc}$$

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی
Estd. 1998
MAULANA AZAD NATIONAL URDU UNIVERSITY

$$\because \int_0^\infty c^4 e^{-(bc^2)} dc = \frac{3}{8}\sqrt{\frac{\pi}{b^5}}$$

$$\therefore 4\Pi n \left(\frac{b}{\pi}\right)^{3/2} = \frac{3}{8}\sqrt{\frac{\pi}{b^5}}$$

$$\overline{C^2 = \frac{3}{2b} = \frac{3kT}{m}}$$

$$C_{rms} = \sqrt{\overline{C^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

$$C_{rms} = 1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$$

4. $Cp, \bar{C}$ اور C_{rms} کے درمیان رشتہ:

$$\bar{C} = 1.59\sqrt{\frac{kT}{m}}, Cp = 1.41\sqrt{\frac{kT}{m}}, C_{rms} = 1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$$

$$\frac{\bar{C}}{Crms} = \frac{1.59}{1.73} = \frac{\sqrt{\frac{kT}{m}}}{\sqrt{\frac{kT}{m}}} = \frac{1.59}{1.73} = 0.921$$

$$\bar{C} = 0.921\ Crms$$

$$\frac{Cp}{Crms} = \frac{1.41}{1.73}\frac{\sqrt{\frac{kT}{m}}}{\sqrt{\frac{kT}{m}}} = 0.817 \Rightarrow Cp = 0.817\ Crms$$

اس سے ظاہر ہے کہ $Crms > \bar{C} > Cp$

$$Crms : \bar{C} : Cp = 1.73 : 1.59 : 1.41$$

$$Crms : \bar{C} : Cp = 1 : 0.921 : 0.817$$

1.5 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

ایک گیس کی ڈنسٹی 0.3gm/litre ہے جب کہ دباؤ 300mm ہے تب گیس کی $Cp, \bar{C}$ اور Crms محسوب کیجیے۔

حل: دیا گیا ہے

$$P = 0.3gm/litr = 0.3 \times 10^{-3}\ gm/cc$$

یا
$$P = 0.3\ kg/m^3$$

اور
$$P = 300\ mm\ of\ mercury$$

$$= 0.3m\ of\ mercury$$

$$P = hdg = 0.3 \times 9.8 \times 13.6 \times 10^3$$

لہٰذا
$$Crms = \sqrt{\left(\frac{3P}{P}\right)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{3 \times 0.3 \times 9.8 \times 13.6 \times 10^3}{0.3}\right)}$$

$$Crms = 632.3\ m/sec$$

لہٰذا
$$Cp = 0.817\ Crms = 0.817 \times 632.3 = 516.5\ m/sec$$

$$\bar{C} = 0.921\ Crms = 0.921 \times 632.3 = 582.4\ m/sec$$

حل شدہ مثال 2

5000k پر ہائیڈروجن کے سالمہ کی rms رفتار معلوم کیجئے دیا گیا ہے کہ $k = 1.38 \times 10^{-23}$

حل: دیا گیا ہے کہ

$$K = 1.38 \times 10^{-23}\ j/k\ ,T = 5000k$$ اور

$$m = M/N = \left(\frac{2}{6.02 \times 10^{26}}\right) kg = 0.333 \times 10^{-26} kg$$

$$\therefore Crms = \sqrt{\left(\frac{3kT}{m}\right)} = \sqrt{\left(\frac{3 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 5000}{0.333 \times 10^{-26}}\right)}$$

$$Crms = 7890\ m/sec$$

حل شدہ مثال 3

دباؤ کم مستقل رکھتے ہوئے کس تپش پر ہائیڈروجن کی روٹ مین اسکوائر رفتار اس کی NTP تپش سے دو گنی ہو جائے گی۔

حل: دیا گیا ہے کہ

ہم جانتے ہیں

$$Crms = \sqrt{\left(\frac{3kT}{m}\right)}$$

$$Crms = a\sqrt{T}$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

دیا گیا ہے کہ $T_2 =?\ C_2 = 2C_1T_1 = 273k$

$$\frac{C_1}{2C_1} = \sqrt{\frac{2T_3}{T_2}}$$

مربع لینے پر $t_2 = 1092 - 273, T_2 = 4 \times 273$

$$= 819^0\ T2 = 1092K$$

1.6 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- P دباؤ، V حجم اور T تپش مطلق کے درمیان رشتہ کی مساوات کامل گیس مساوات کہلاتی ہے۔ $Pv = nRT$ جہاں n سالموں کی تعداد اور R یونیورسل گیس مستقل۔
- کائی نیٹک تھیوری کی بنیاد پر ایک گیس کا عائد کردہ دباؤ $= P = \frac{1}{3}\frac{mnc^{-2}}{V} = \frac{1}{3}\frac{m^{-2}}{V}c = \frac{1}{3}pc^{-2}$
- جہاں v = برتن کا حجم، n = سالموں کی تعداد، m سالمی کی کمیت، $M = mn$ گیس کی کمیت، p = گیس کی کثافت $\bar{C}^2$ مین اسکوائر رفتار
- سالمہ کی ٹرانس لیٹری حرکی توانائی $= \frac{3}{2}KNT$
- گیس کا دباؤ فی اکائی حجم سالمات کی ٹرانس لیٹری توانائی کا دو تہائی ہوتا ہے $P = \frac{2}{3}(K.E)$
- مین فری پاتھ وہ اوسط فاصلہ ہے۔ جو ایک سلامہ و متواتر تصادم کے درمیان طئے کرتا ہے۔

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi nd^2}$$

جہاں n عددی کثافت اور d سالمہ کا قطر ہے۔

- اووریج اسپیڈ $\bar{C} = 1.59\sqrt{\frac{kT}{m}}$

- موسٹ پروبیبل اسپیڈ $Cp = 1.41\sqrt{\frac{kT}{m}}$ جہاں k = بولٹزمن مستقل ہے۔
- روٹ میان اسکوائر اسپیڈ $Crms = 1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$ T تپش مطلق اور m سالمہ کی کمیت

1.7 کلیدی الفاظ (Keywords)

- Degree of Freedom (ڈگری + آف + فریڈم): ایک گیس کے سالمہ کی آزادانہ حرکت کو بیان کرنے کے لیے درکار متغیر کی تعداد
- Translatory Energy (ٹرانلس + لے + ٹری + انر + جی): ذرہ کی ایک خط میں حرکت کی وجہ سے حاصل توانائی۔
- Rotational Energy (رو + ٹیش + نل + انر + جی): ذرہ کو گردش کی وجہ سے حاصل توانائی

1.8 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

1.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. ایک گیس کی کوئی نیٹک انرجی اور دباؤ کے درمیان رشتہ لکھیے۔
2. مین فری پاتھ سے کیا مراد ہے؟
3. ایک گیس میں مظہر ٹرانسپورٹ میں کون سی طبیعی مقدار منتقل ہوتی ہیں؟
4. $Cp, \bar{C}$ اور Crms کے درمیان نسبت لکھیے۔
5. ایوریج اسپیڈ کی مساوات ہے۔

(a) $1.59\sqrt{\frac{kT}{m}}$ (b) $1.41\sqrt{\frac{kT}{m}}$

(c) $1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$ (d) $\sqrt{\frac{kT}{m}}$

6. سالمہ کی موسٹ پروبیبل اسپیڈ کی مساوات ہے۔

(a) $1.59\sqrt{\frac{kT}{m}}$ (b) $1.41\sqrt{\frac{kT}{m}}$

(c) $1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$ (d) $\sqrt{\frac{kT}{m}}$

7. سالمہ کی rms اسپیڈ کی مساوات ہوگی۔

$1.41\sqrt{\frac{kT}{m}}$ (b) $1.59\sqrt{\frac{kT}{m}}$ (a)

$\sqrt{\frac{kT}{m}}$ (d) $1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$ (c)

8. ذیل میں سے کون سا رشتہ صحیح ہے۔

$Crms < \bar{C} < CP$ (b) $\bar{C} = Cp = Crms$ (a)

$\bar{C} < Crms < Cp$ (d) $Crms > \bar{C} > Cp$ (c)

9. ایک گیس کی تپش مطلق میں 4 گناہ اضافہ کیا جائے اس کی rms اسپیڈ میں اضافہ ہو گا۔

(a) چار گنا (b) 2 گناہ

(c) تین گنا (d) ¼ گناہ

1.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. مختصر طور پر سالمات کی اسپیڈ کے میکس ویل ڈسٹری بیوشن کلیہ کی وضاحت کیجئے۔
2. سالمات کی اوریج اسپیڈ موسٹ پروبیبل اور rms اسپیڈ کے درمیان فرق واضح کیجئے۔

1.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. ایک گیس میں سالمات کی اسپیڈ کے لیے میکس ویل کے ڈسٹری بیوشن کلیہ کو اخذ کیجئے۔
2. ایک گیس میں سالمات کی اسپیڈ کے لیے میکس ویل کے ڈسٹری بیوشن کلیہ کو بیان کیجئے۔
3. ایوریج اسپیڈ موسٹ پروبیبل اسپیڈ اور rms اسپیڈ کی مساواتیں TK اور m کی رقوم میں اخذ کیجئے۔

1.8.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. 5000k تپش پر ہائیڈروجن کے سالمہ کی rms اسپیڈ محسوب کیجئے۔ جب کہ $m = 0.333 \times 10^{-26}$

(جواب: 7890m/s)

2. 27^0C پر ہائیڈروجن کے سالمہ کی اوریج اسپیڈ 450ms ہے 927^0C پر اس کی اوریج اسپیڈ کیا ہو گی۔ جواب: 900m/s)

3. کس تپش پر ایک گیس کے سالمہ کی rms اسپیڈ اس کے O^0C اسپیڈ کے نصف ہو جائے گی۔ (جواب: ‎-204.750C)

4. ہائیڈروجن کے سالمہ rms اسپیڈ 2km/s ہے۔ اسی تپش پر آکسیجن کے سالمہ کی rms اسپیڈ کیا ہو گی۔ (جواب: 0.5km/s)

5. اگر ہائیڈروجن کے وسکاسٹی کے کوئی فی شنٹ کی قیمت $8.6 \times 10^{-6}\ N - S/m^2$ ہو تو اسکے تھرمل کنڈکٹی ویٹی کے کوافی شنٹ کی قیمت معلوم کیجئے دیا گیا ہے کہ ($Cv = 1.1 \times 10^4 Jkmole^{-1}k^{-1}$ جواب: $0.09wm^{-1}$)

1.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

---

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5th & 6th)
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol–I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 2۔ میکس ویل کے تقسیمی کلیہ

(Maxwell's Distribution Law)

اکائی کے اجزا

2.0 تمہید

2.1 مقاصد

2.2 ملر۔ کش کے تجرباتی طریقے سے میکس ویل کے تقسیمی کلیہ کی تصدیق

2.3 توانائی کی یکساں تقسیم کا کلیہ (لا آف ایکوی پارٹیشن آف انرجی)

2.4 گیسوں کی لزوجیت (گیسوں کی وس کاسٹی)

2.5 حراری ایصالیت (تھرمل کنڈکٹی ویٹی)

2.6 حل شدہ مثالیں

2.7 اکتسابی نتائج

2.8 کلیدی الفاظ

2.9 نمونہ امتحانی سوالات

2.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

2.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

2.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

2.9.4 غیر حل شدہ سوالات

2.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد

2.0 تمہید(Introduction)

طبیعیات میں (خاص طور پر شماریاتی میکانکس میں)، میکسویل-بولٹزمین کی تقسیم، یا میکسویل ian تقسیم، ایک خاص میکانی تقسیم ہے جس کا نام جیمز کلرک میکسویل اور لڈوِگ بولٹزمین کے نام پر رکھا گیا ہے۔ یہ سب سے پہلے مثالی گیسوں میں ذرہ کی رفتار کو بیان کرنے کے لیے بیان اور استعمال کیا گیا تھا، جہاں ذرات ایک دوسرے کے ساتھ بات چیت کیے بغیر ایک اسٹیشنری کنٹینر کے اندر آزادانہ طور پر حرکت کرتے ہیں، سوائے انتہائی مختصر ٹکراؤ کے جس میں وہ ایک دوسرے کے ساتھ یا اپنے تھرمل ماحول کے ساتھ توانائی اور رفتار کا تبادلہ کرتے ہیں۔ اس تناظر میں "ذرہ" کی اصطلاح صرف گیسی ذرات (ایٹم یا مالیکیول) سے مراد ہے، اور ذرّات کا نظام تھرموڈینامک توازن تک پہنچ گیا ہے۔ اس طرح کے ذرات کی توانائیاں اس کی پیروی کرتی ہیں جسے میکسویل-بولٹزمین شماریات کے نام سے جانا جاتا ہے، اور رفتار کی شماریاتی تقسیم ذرہ کی توانائیوں کو حرکی توانائی کے ساتھ مساوی کرکے حاصل کی جاتی ہے۔

گیسوں کے نظریہ تحرک کے مطابق ایک گیس کثیر سالمات پر مشتمل ہوتی ہے۔ جو ہر وقت حالت حرکت میں رہتے ہیں۔ یہ سالمات ہمہ وقت آپس میں دیواروں سے ٹکراتے رہتے ہیں اس لیے ان کی رفتاریں اور سمت بدلتی رہتی ہے۔ اس لیے ہم کہہ سکتے ہیں کہ گیس میں سالمات تمام تر ممکنہ رفتاروں کے ساتھ حرکت میں رہتے ہیں۔ لیکن ایک معینہ تپش پر گیسوں کی اوسط جذر المربع (روٹ مین اسکوائر) رفتار تبدیل نہیں ہوتی۔ گیس کے سالمات میں چالوں کی تقسیم کا کلیہ سب سے پہلے میکس ویل نے پیش کیا۔ اس اکائی میں میکس ویل کے تقسیمی کلیہ کی تصدیق کے لیے ملر۔کش نے ایک تجربہ انجام دیا ان کا تجربہ پیش کیا۔

2.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- ملر۔کش کے تجرباتی طریقے سے میکس ویل کے تقسیمی کلیہ کی تصدیق کریں گے۔
- توانائی کی یکساں تقسیم کا کلیہ (لا آف ایکوی پارٹیشن آف انرجی) کے بارے میں جانیں گے۔
- گیسوں کی لزوجیت (گیسوں کی وس کاسٹی)، حراری ایصالیت (تھرمل کنڈکٹی ویٹی) پر بھی بحث کریں گے۔

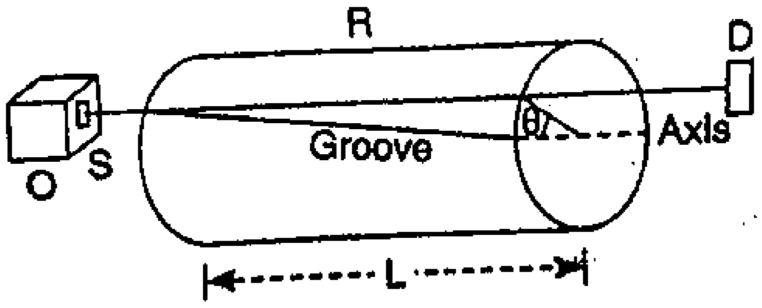
2.2 ملر۔کش کے تجرباتی طریقے سے میکس ویل کے تقسیمی کلیہ کی تصدیق

(Experimental Verification of Maxwell's Distribution Law by Miler Kaush Method)

میکس ویل کے تقسیمی کلیہ کی تصدیق کے لیے ملر۔کش نے ایک تجربہ انجام دیا ان کے تجرباتی آلات کو شکل (2.1) میں دکھایا ہے۔ یہ آلہ ایک بھٹی (Oven) O پر مشتمل ہوتا ہے۔ جس میں تھیلیم کے بخارات کو بھر دیا جاتا ہے۔ یہ بخارات اوون سے ایک سلٹ (جھری) S کے ذریعہ خارج ہوتے ہیں اور ایک گردشی استوانہ R سے ٹکراتے ہیں اس استوانے میں کئی مرغولہ نما

خانے (Grooves) بنے ہوتے ہیں۔ اس استانہ سے گزر کر سالمات سراغ گر (D(Detector پر آتے ہیں۔ جہاں ان کی حدت (Intensity) ریکارڈ کی جاتی ہے۔ اس ترتیب کو ایک خلائی چیمبر (Chamber) میں رکھا جاتا ہے۔

اس ترتیب میں گردشی استوانہ بطور رفتار کے سلکٹر (Selector) کے کام کرتا ہے استوانہ کی ایک مخصوص زاوئی رفتار پر ہی معین رفتار کے سالمات مرغولہ نما خانوں سے گزرتے ہیں اور ڈی ٹکٹر تک پہونچتے ہیں۔



شکل (2.1)

فرض کیجئے کہ استوانہ کی زاوئی رفتار ω اور D تک پہونچنے والے سالمات کی رفتار V ہے۔ تب سالمات کو استوانہ سے گزرنے درکار وقت:

$t = \frac{l}{v}$ جہاں l کا استوانہ طول ہے۔ ---------(2.1)

مزید $t = \frac{\theta}{\omega}$ ---------(2.2)

مساوات (2.1) اور (2.2) کو ملانے پر $\frac{l}{v} = \frac{\theta}{\omega}$

$v = \frac{l\omega}{\theta}$ ---------(2.3)

استوانہ کی زاوئی رفتار اس طرح اڈجسٹ (Adjust) کی جاتی ہے کہ مختلف رفتار کے سالمات مرغولہ نما خانوں سے گزر سکیں اور ڈی ٹکٹر سے ٹکرا سکے۔ ڈی ٹکٹر جن سالمات کی حدت کی پیمائش کرتا ہے اس حدت کا انحصار سالمات کی اس رفتار پر ہوتا ہے جسے مرغولہ نما خانہ منتخب کرتا ہے۔ اس طرح ایک مخصوص رفتار پر سالمات کی تعداد، سالمات کی حدت سے معلوم کی جاتی ہے جسے ٹکٹر ریکارڈ کرتا ہے یہ مشاہدہ کیا گیا ہے کہ چالوں کی تقسیم میکس ویل کے تقسیمی کلیہ سے مطابقت رکھتی ہے۔

2.3 توانائی کی یکساں تقسیم کا کلیہ (Law of Equi-Partition of Energy)

i. اوسط آزاد فاصلہ (مین فری پاتھ) (Men Free Path)

ii. مظہر حمل (ٹرانسپورٹ فینومنا) (Transport Phenomena)

iii. آزادی کے درجات (ڈگریس آف فریڈم) (Degrees of Freedom)

ایک گیس کے سالمات کی وضع (پوزیشن) اور کونفی گریشن(Configuration)کو بیان کرنے کے لئے درکار آزاد متغیر(Independent variable) کی تعداد ڈگریس آف فریڈم کہلاتی ہے۔ ان کی تعداد کو f سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ اور ہر ڈگری آف فریڈم کی توانائی $\frac{1}{2}KT$ ہوتی ہے۔

یہ آزادانہ حرکت گردشی(روٹیشنل)،انتقالی(ٹرانسلیشن)اور ارتعاشی(وائبریشنل) یاان میں سے کسی کا مجموعہ ہوسکتی ہے۔

1. ٹرانس لیٹری ڈگری آف فریڈم:ان آزادی کے درجات کی اعظم تعداد 3 ہوتی ہے جو ہیں:

$\frac{1}{2}mVx^2, \frac{1}{2}mVy^2$ اور $\frac{1}{2}mVz^2$

2. روٹیشنل ڈگری آف فریڈم:ان آزادی کے درجات کی اعظم تعداد 3 ہوتی ہے۔جو ہیں:

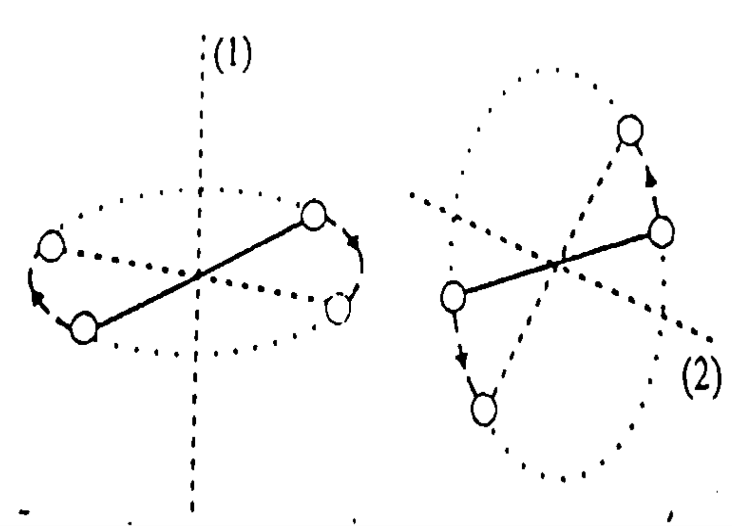
$\frac{1}{2}IxWx^2, \frac{1}{2}IyWy^2$ اور $\frac{1}{2}IzWz^2$ جہاں I= سالمات کے جمود کا معیار اثر اور w زوائی رفتار ہے۔

3. وائبریشنل ڈگری آف فریڈم: ان آزادی کے درجات کی تعداد سالمات میں جوہروں کی تعداد اور ان کی ترتیب پر منحصر ہوتی ہے۔ان درجات پر اسی وقت غور کیا جاتا ہے جب کہ تپش بہت زیادہ ہو۔

لا آف ایکوی پارٹیشن آف انرجی(Law of Equi Partition of Energy):

اگر ایک نظام تپش مطلق T پر حالت توازن میں ہے تو کل توانائی گیس کے سالمات کے مختلف آزادی کے درجات میں مساوی طور پر تقسیم ہوتی ہے اور ہر آزادی کے درجے کی توانائی $\frac{1}{2}KT$ ہوتی ہے۔

ایک سالمہ جو فضا(Space)میں حرکت کرنے کے لیے آزاد ہو اس کے مقام کو متعین کرنے کے لیے 3 محدد (Coordinates)درکار ہوتے ہیں اگر اسے ایک مستوی میں حرکت کے لیے پابند کر دیا جائے تو 2 اور ایک خط پر حرکت کرنے کے لیے پابند کر دیا جائے تو اس کے مقام کو متعین کرنے کے لیے صرف 1 محدد چاہیے۔اسی بات کو دوسرے انداز میں اس طرح بیان کیا جاسکتا۔مان لیجئے کہ ایک خط پر حرکت کرنے کے لیے اس کا ڈگری آف فریڈم 1 ہے۔ایک مستوی میں حرکت کرنے کے لیے 2 محدد اور فضا میں حرکت کرنے کے لیے 3 محدد درکار ہیں۔ایک نقطہ سے دوسرے نقطہ تک پورے جسم کی حرکت ٹرانس لیٹری ہے۔اس ایک سالمہ کے جو فضا میں حرکت کے لیے آزاد ہے۔اس کے تین ٹرانسلیٹری ڈگری آف فریڈیم ہوتے ہیں اور ہر درجہ ایک ایسا رکن(Term) دیتا ہے جس میں حرکت کے کسی متغیر کا مربع شامل ہوتا ہے۔مثلاً $\frac{1}{2}mvx^2$ اور اسی طرح کا رکن یکساں طور پر V_y اور V_z ہیں۔حرارت توازن میں ایسے ہر ایک رکن کی توانائی $\frac{1}{2}KT$ ہوتی ہے۔



شکل(2.2): ایک دوجوہری سالمے کے دو غیر تابع گردشی محور

ایک یک جوہری گیس جیسے آرگان، ہیلیم وغیرہ کے سالموں میں صرف ٹرانس لیشن ڈگری آف فریڈم کے درجات ہوتے ہیں جب کہ دو جوہری گیس کے سالمہ O_2 میں انتقالی آزادی کے 3 درجات ہوتے ہیں۔ مزید یہ کہ اپنے مرکز کمیت کے گرد بھی گردش کر سکتا ہے۔ شکل (2.2) میں دو ایک دوسرے کے غیر تابع 1 اور 2 گردشی محور دکھائے گئے ہیں جو آکسیجن دونوں جوہروں کو جوڑنے والے محور پر عمودوار ہیں جن کے گرد آکسیجن کے سالمات گردش کرتے ہیں۔ اس طرح سالمہ کے روٹیشنل ڈگری آف فریڈم ہیں جن میں سے ہر ایک کی کل توانائی جو ٹرانسلیٹری توانائی E_T گردشی توانائی E_R پر مشتمل ہے، میں ایک رکن کا حصہ دیتا ہے اسی طرح

$$E_T + E_R = \frac{1}{2}mvx^2 + \frac{1}{2}mvy^2 + \frac{1}{2}mvz^2 + \frac{1}{2}l_1w_12 + \frac{1}{2}l_2w_22$$

جہاں w_1 اور w_2 محور 1 اور محور 2 کے گرد زوائی رفتاریں اور I_1 اور I_2 ان کے متعلقہ جمود کے معیار اثر ہیں۔ نوٹ کریں کہ ہر روٹیشنل ڈگری آف فریڈم ایک ایسا ٹرم توانائی کو دیتا ہے جس میں حرکت کے گردشی متغیر کا مربع شامل ہے۔

ہم نے اوپر یہ تصور کیا تھا کہ O_2 سالمہ ایک استوار گردشہ (Rigid Rotor) ہے یعنی سالمہ گردش نہیں کرتا۔ یہ مفروضہ اگر چہ کہ آکسیجن کے سالمہ کے لیے معمولی تپش پر صحیح ہے لیکن ہمیشہ یہ درست نہیں۔ سالمات جیسے CO کم تپش پر بھی ارتعاش کا ایک موڈ رکھتے ہیں یعنی اس کے جوہر بین جوہری محور پر ایک ابعادی اہتزازیہ کی طرح اہتزازیہ کرتے ہیں اور کل توانائی کو ایک ارتعاشی توانائی ٹرم Ev دیتے ہیں لہٰذا

$$E_v = \frac{1}{2}m\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \frac{1}{2}ky^2$$

جہاں $\frac{1}{2}ky^2$ سالمہ کی توانائی بالقوہ (P.E) کو ظاہر کرتا ہے۔ جہاں k قوت مستقل اور y ارتعاشی محدد ہے۔ اس طرح کل توانائی

$$E = E_T + E_R + E_V$$

توانائی کی یکساں تقسیم کا کلیہ نظری طور پر گیسوں کی حرارت نوعی کی تخمین میں استعمال کیا جاتا ہے۔

اوسط آزاد فاصلہ(مین فری پاتھ)(Mean Free Path)

اہل گیس میں سالمہ کی چال کافی تیز اور آواز کی رفتار کے درجے کی ہوتی ہے۔مان لیجئے کہ ایک گیس کے سالمہ کا قطرd ہے جس کی اوسط چال c ہے۔ دوران حرکت یہ ہر اس سالمہ سے ٹکرائے گا جس کے مرکز سے اس سالمہ کے مرکز کا فاصلہ d کے اندر ہے یہ وقت Δt میں گیس کا حجم $\prod d^2 c\Delta t$ عبور کرتا ہے جس کے دوران کوئی بھی سالمہ اس سے ٹکرائے گا۔ شکل(2.2) ملاحظہ کیجئے۔ اگر سالمات کی تعداد فی اکائی حجم n ہے سالمہ سے Δt وقت میں $n\prod d^2\ \bar{c}\Delta t$ تصادم ہوتے ہیں یا تصادم کی شرح ہوگی $n\prod d^2\bar{c}$ یا دو متواتر تصادموں کے درمیان کا وقت ہوگا۔

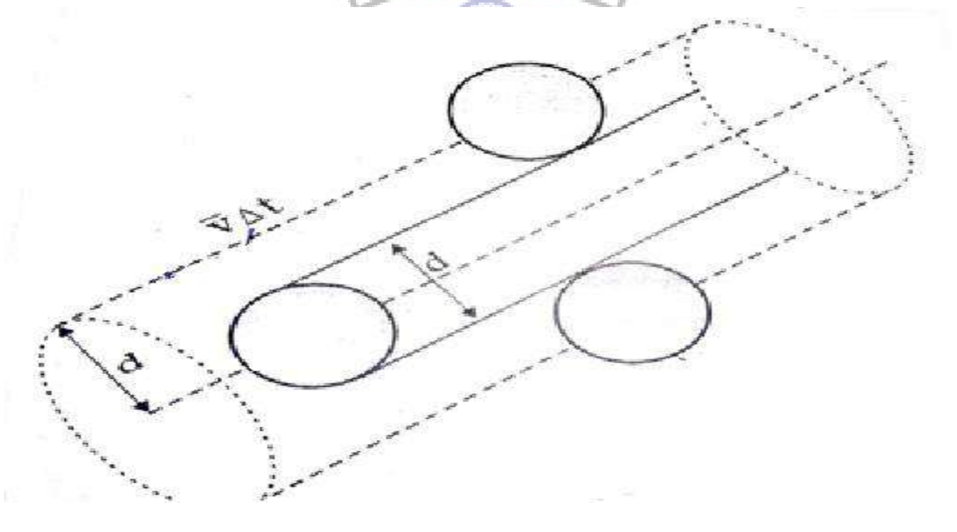
$$\tau = \frac{1}{nn\prod d^{2-}c} \qquad \text{----------}(2.4)$$

دو متواتر تصادموں کے درمیان سالمہ کا طئے کردہ فارمولہ مین فری پاتھ کہلاتا ہے اس کو λ سے ظاہر کرتے ہیں۔

$$\lambda = \bar{c}\tau \qquad \text{--------}(2.5)$$

مساوات(2.5) کو اخذ کرنے میں ہم نے سالمات کو حالات سکون میں تصور کیا تھا۔

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی



شکل(2.3)

لیکن دراصل تمام سالمات حرکت کر رہے ہیں ایک زیادہ درست طریقے سے مین فری پاتھ کی مساوات ہوتی ہے۔

$$\lambda = \frac{a}{\sqrt{2}} n\prod d^2 \qquad \text{---------}(2.6)$$

ہوا کے سالمہ کے لیے λ اور τ کی تخمین:

ہوا کے سالمات کی رفتار STD پر $C = 485m/s$ ہوتی ہے۔ لہٰذا

$$n = \frac{\text{اوگا عدد ڈرو}}{\text{گیس کا حجم}} = \frac{6.02\times10^{23}}{22.4\times10^{-3}}$$

$$n = 2.68 \times 10^{25}/m^3 \text{ سالمات کی تعداد}$$

اور $d = 2 \times 10^{-10}m$ اور سکنڈ $\tau = 6.1 \times 10^{-10}$

لہٰذا مین فری پاتھ کی قیمت ہوگی

$$\lambda = 2.9 \times 10^{-7}m$$

مظہر حمل (ٹرانسپورٹ مظہر)(Transport Phenomena)

ہم نے گیسوں کا نظریہ تحرک استعمال کرتے ہوئے یہ فرض کیا تھا کہ گیس حالت توازن میں ہے لیکن اگر گیس حالت توازن میں نہ ہو تو حسب ذیل نکات قابل غور ہیں۔

1. ایک گیس میں مختلف حصوں میں رفتار کے جزv,u اور w کی قیمت مساوی ہونا ضروری نہیں۔ جس کی وجہ سے گیس کی مختلف پرتوں کے درمیان ایک دوسرے کے لحاظ سے اضافی حرکت پیدا ہوتی ہے جس کی وجہ سے تیز رفتار پرتیں سست رفتار پرتوں کو مومنٹم (معیار حرکت) منتقل حرکت کرتے تاکہ حالت توازن پیدا ہو جائے۔ اس مومنٹم کے ٹرانسپورٹ کی وجہ سے گیسوں میں لزوجیت (وسکاسٹی) Viscosity پیدا ہوتی ہے۔
2. گیس کے مختلف حصوں میں تپش مختلف رہتی ہے۔ گیس کی حالت کو توازن میں لانے کے لیے گیس کے سالمات زیادہ تپش کے حصے سے کم تپش کے حصوں کو کائینیٹک انرجی منتقل کرتے ہیں۔ حرارت کے اس ٹرانسپورٹ کی وجہ سے گیسوں میں ایصالیت (Conductivity) کا مظہر وجود میں آتا ہے۔

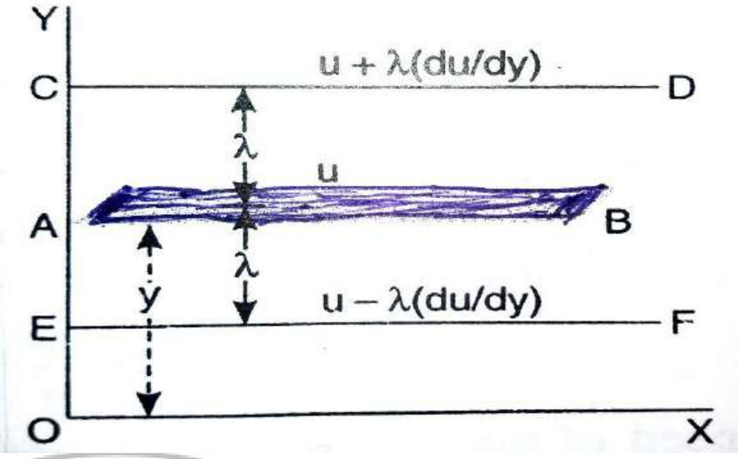
مندرجہ بالا نکات سے یہ واضح ہو گیا کہ مومنٹم اور حرارت کے ٹرانسپورٹ سے گیسوں میں وسکاسٹی اور کنڈکٹی ویٹی جیسے مظہر وجود میں آتے ہیں۔

2.4 گیسوں کی لزوجیت (گیسوں کی وس کاسٹی)(Viscosity of Gases)

گیسوں میں وسکاسٹی کے مظہر کو سمجھنے کے لیے ہم مین فری پاتھ کی اساس پر بحث کریں گے۔ فرض کیجے ایک گیس افقی سطح OX پر بہہ رہی ہے۔ جس کی رفتار سمت OX میں سالمات کی حراری رفتار سے کم ہے۔ ملاحظہ کیجئے شکل (2.3)۔ سطح سے جو پرت حالت تماس میں ہوگی اس کی رفتار صفر ہوگی۔ جب ہم O سے عموداً Y کی سمت میں اوپر حرکت کریں گ۔ تب اس کی رفتار میں بتدریج اضافہ ہو گا جس کی حرکت کی شرح $\left(\frac{du}{dy}\right)$ ہوگی۔ پرت AB پر غور کیجئے جو بالترتیب OX سے کچھ فاصلہ واقع ہے۔ مان لیجئے کہ پرت میں بہنے والی گیس کی رفتار

u ہے۔ مزید دو پرتوں CD اور EF پر غور کیجئے جو بالترتیب پرت AB سے اوپر اور نیچے واقع ہے۔ جن کا فاصلہ AB سے λ ہے جہاں λ سالمات کا مین فری پاتھ ہے۔

کوئی فی شینٹ آف وسکاسٹی سے مراد سیال کی پرتوں کے درمیان فی اکائی رقبہ فی اکائی رفتار کی ڈھلان عمل کرنے والی مماسی قوت ہے جو سیال کی حرکت کو متاثر کرتی ہے۔



شکل (2.4)

AB سے اوپر کی پرت AB سے نیچے کی پرت پر ایک مماسی (Tangential) قوت عائد کرتی ہے جس کی وجہ سے وہ آگے کی سمت ایک اسراع سے حرکت کرتی ہے۔ دوسری جانب AB سے نیچے کی پرت AB سے اوپر کی پرت ایک مساوی مماسی قوت عائد کرتی ہے جس کی وجہ سے وہ مخالف سمت (پیچھے کی جانب) اسراع سے حرکت کرتی ہے اس طرح AB کے دونوں جانب کی پرتوں میں رفتاروں کا فرق ہوگا جس کی وجہ سے پرتوں کے درمیان ایک مماسی قوت عمل کرتی ہے جو گیس کی حرکت کی مخالفت کرتی ہے۔ اس قوت کو لزوجی (وسکس) قوت اور اس خاصیت کو سیال کی لزوجیت (وسکاسٹی) کسی بھی سیال وسکاسٹی سے مراد اس کی پرتوں کے درمیان عمل کرنے والی مماسی قوت فی اکائی رقبہ فی اکائی رفتار کی ڈھال (Velocity Gradient) ہے۔ یعنی

$$F = \eta \frac{du}{dy}$$

$$\eta = F \frac{du}{dy}$$

پرت AB سے اوپر کے سالمات کے بہاؤ کی رفتار زیادہ ہے لہٰذا ان کی اوسط مومنٹم بہاؤ کی سمت میں ان سالمات سے زیادہ ہوگی جو پرت AB سے نیچے کی جانب بہہ رہے ہیں۔

لہٰذا حراری ہیجان (تھرمل ایجیٹیشن) کی وجہ سے کچھ سالمات جو AB سے اوپر ہیں وہ نیچے کی جانب اور جو AB سے نیچے ہے اور جن کا مومنٹم کم ہے اور اوپر کی جانب حرکت کریں گے۔ گیس کی پیش قدمی کی وجہ سے Y سمت میں کمیت کی حرکت نہیں ہوتی ہے۔ اس لیے

نیچے سے اوپر اور اوپر سے نیچے جانے والے سالمات کی تعداد آپس میں مساوی ہوتی ہے۔ اس طرح سے AB سے نیچے کی پرت میں سست بہاؤ کی وجہ سے مومنٹم میں اضافہ ہوتا ہے جب کہ AB سے اوپر کی پرت کے تیز بہاؤ کی وجہ سے مومنٹم میں کمی ہوتی ہے۔ نیوٹن کے کلیہ کے بموجب مومنٹم میں اضافہ کا مطلب آگے کی جانب عمل کرنے والی قوت اور مومنٹم میں کمی کا مطلب پیچھے کی جانب عمل کرنے والی قوت ہے۔ اس لیے AB سے اوپر کی پرت پیچھے کی جانب ایک قوت مزاحم (Retarding Force) عائد کرتی ہے۔ جب کہ AB سے نیچے کی پرت پر آگے کی جانب ایک اسراعی قوت عمل کرتی ہے جو گیسون میں وسکاسٹی کا سبب بنتی ہے لہٰذا ہم وسکاسٹی کو ایک ایسا مظہر کہہ سکتے ہیں جو مومنٹم کے ٹرانسپورٹ س پیدا ہوتا ہے۔

وسکاسٹی کی مساوات (Equation of Viscosity)

فرض کیجئے کہ ایک گیس کے سالمات کی تعداد فی اکائی حجم n ہے۔ تھرمل ایجیٹیشن کی وجہ سے ہر سمت میں ان کی اوسط رفتار $\bar{C}$ ہے۔ ہم ان سالمات پر غور کریں گے جو مستوی AB سے فی اکائی رقبہ مستوی CD اور مستوی EF کو عبور کرتے ہیں AB سے مین فری پاتھ λ پر واقع ہیں۔ یہاں یہ نکتہ یاد رکھیں کے جب سالمات کی AB پر آمد ہوتی ہے۔ تب پہلا تصادم واقع ہوتا ہے یعنی مومنٹم کے ٹرانسپورٹ کا عمل وقوع میں آتا ہے۔ فرض کیجئے کہ ایک تہائی سالمات تینوں محوروں کے متوازی سمت میں حرکت کر رہے ہیں۔ AB سے اوپر اور نیچے حرکت کرنے والے سالمات کی تعداد مساوی ہو گی لہٰذا n/6 سالمات کی اوپر کی جانب اور اتنے ہی سالمات نیچے کی جانب حرکت کریں گے۔ کیونکہ سالمات کی اوسط رفتار $\bar{C}$ ہے اس لیے اکائی رقبہ اکائی سکنڈ عبور کرنے والے سالمات کی تعداد ہر دو جانب nc/6 ہو گی۔

اگر ہر ایک سالمہ کی کمیت m ہو تب AB کا اکائی رقبہ فی اکائی سیکنڈ عبور کرنے والے سالمات کی تعداد ہو گی $mn\bar{c}/6$

پرت CD میں گیس کی رفتار $= \left(u + \lambda \frac{du}{dy}\right)$

پرت EF میں گیس کی رفتار $= \left(u - \lambda \frac{du}{dy}\right)$

جہاں u پرت AB کی جانب گیس کے بہاؤ کی رفتار اور $\frac{du}{dy}$ پرت CD سے EF کی جانب رفتار کی ڈھلان ہے۔

سالمات کو AB سے فی اکائی رقبہ فی اکائی سکنڈ عبور کرنے کے دوران نیچے یعنی CD کی جانب مومنٹم کی منتقلی (P_1) ہو گی۔

$P_1 =$ رفتار x کمیت

$$P_1 = \frac{mn\bar{c}}{6} \times \left(u - \lambda \frac{du}{dy}\right)$$

اس طرح اوپر یعنی EF کی جانب مومنٹم کی منتقلی P_2 ہو گی۔

$$P_2 = \frac{mn\bar{c}}{6} \times \left(u - \lambda \frac{du}{dy}\right)$$

فی اکائی سکنڈ کل مومنٹم کی منتقلی ہو گی۔

$$P_1 - P_2 = \frac{mn\bar{c}}{6} \times \left(u - \lambda \frac{du}{dy}\right) - \frac{mn\bar{c}}{6} \times \left(u - \lambda \frac{du}{dy}\right)$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{6} mn\bar{c}\left(u + \lambda\frac{du}{dy} - u + \lambda\frac{du}{dy}\right)$$
$$= \frac{1}{3} mn\bar{c}\lambda\frac{du}{dy}$$

گیس کی بہاؤ کی توازنی شرط کے مطابق مومنٹم کے فی اکائی رقبہ فی اکائی سکنڈ منتقلی مساوی ہوتی ہے پرتوں کے درمیان عمل کرنے والی مماسی قوت کے۔

لہٰذا $F = \frac{1}{3} mn\bar{c}\lambda\left(\frac{du}{dy}\right)$

اب ہم شرح لزوجیت (کوئی فی شینیٹ آف وسکاسٹی) کی تعریف اس طرح کرتے ہیں کہ "یہ وہ نسبت ہے جو مماسی قوت اور رفتاری ڈھلان کے درمیان پائی جاتی ہے اس کو η سے ظاہر کرتے ہیں۔

$$\eta = \frac{1}{3} mn\bar{c}\left(\frac{du}{dy}\right)$$
$$\frac{du}{dy}$$
$$\eta = \frac{1}{3} mn\bar{c}\lambda = \frac{1}{3}\rho\bar{c}\lambda$$

جہاں $mn = \rho$ گیس کی کثافت

$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}} n \prod d^2$ درج کرنے پر

$$\eta = \frac{m\bar{c}}{3\sqrt{2}\prod d^2}$$

نتائج:

اوپر کی مساوات سے ہم حسب ذیل نتائج اخذ کرسکتے ہیں۔

i. شرح وسکاسٹی کا انحصار گیس کے دباؤ یا کثافت پر نہیں ہوتا کیونکہ مساوات n شامل نہیں ہے۔

ii. n راست تناسب میں ہے سالمات کی اوسط رفتار $\bar{C}$ کے

iii. اور یہ اوسط رفتار $\bar{C}$ راست تناسب میں ہے تپش مطلق کے جزر المربع کے یعنی $\bar{C}\,a\sqrt{T}$

iv. n معکوس تناسب میں ہے سالمات کے قطر کے مربع کے

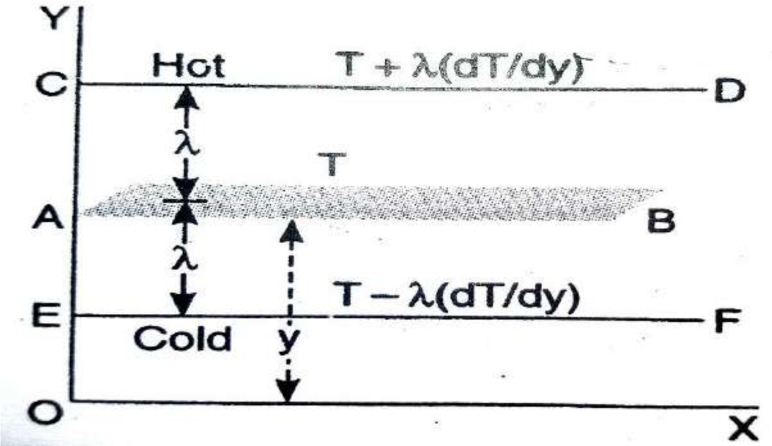
v. n راست تناسب میں سالمات کی کمیت کے۔

2.5 حراری ایصالیت (تھرمل کنڈکٹی ویٹی) (Thermal Conductivity)

ایک گیس کے زیادہ تپش کے مقام سے کم تپش کے مقام کو حراری توانائی کی منتقلی مظہر ٹرانسپورٹ کا سبب بنتی ہے جس سے گیسوں میں کنڈکٹی ویٹی واقع ہوتی ہے۔

گیسوں میں تھرمل کنڈیٹی ویٹی کے مظہر کی لزوجیت کی طرح گیسوں کے نظریہ تحرک کی بنیاد پر وضاحت کی جاتی ہے۔ اس مظہر میں گیس کے سالمات حامل حرارت ہوتے ہیں۔

حرارت کی وہ مقدار جو فی اکائی رقبہ فی اکائی تپش کی ڈھلان بہتی ہے کوئی فی شیئنٹ تھرمل کنڈکٹی ویٹی کہلاتی ہے۔ اس کی اکائی $WM^{-1}K^{-1}$ ہے اس کی علامت K ہے۔



شکل (2.5)

فرض کیجئے ایک گیس حالت سکون میں ہے اور اسے کئی پرتوں میں تقسیم کیا گیا۔ ایک پرت کے سالمات کی تپش دوسری پرت کے سالمات سے مختلف ہوتی ہے۔ اس طرح دو پرتوں کے درمیان گیس میں ایک ہموار تپش کی ڈھلان $\left(\frac{dT}{dy}\right)$ قائم ہو جاتی ہے۔ فرض کیجئے کہ پرت OX سرد ہے اور تپش میں OY کی سمت (اوپر کی جانب) بتدریج اضافہ ہوتا ہے۔ ملاحظہ ہو شکل 2.5 ایک پرت AB تصور کیجئے جو OX سے Y فاصلہ پر واقع ہے اور جس کی تپش T اور AB کے دونوں جانب دو پرتیں CD اور EF واقع ہیں جن کا فاصلہ AB سے λ (مین فری پاتھ) پر واقع ہے۔ جن کی تپش بالترتیب $\left(T + \lambda \frac{dT}{dy}\right)$ اور $\left(T - \lambda \frac{dT}{dy}\right)$ ہے۔

کنڈکٹی ویٹی کا مظہر توانائی کے تبادلہ سے ہوتا ہے۔ مستوی AB سے اوپر کے سالمات زیادہ تپش پر ہے بہ نسبت AB کے نیچے کے سالمات کے۔ اس لئے جو سالمات CD سے آتے ہیں اور نیچے کی جانب AB کو عبور کرتے ہیں ان کی توانائی بالحرکت زیادہ ہوتی ہے کیونکہ ان کی تپش زیادہ ہوتی ہے ان سالمات سے جو EF سے اوپر کی جانب AB کو عبور کرتے ہیں جس کی وجہ سے AB کے نچلے حصے کے سالمات کی تپش میں مسلسل اضافہ ہوتا ہے۔ جب کہ AB کے اوپری حصے کے سالمات کی تپش میں مسلسل کمی ہوتی ہے اس طرح گیس میں کنڈکٹی ویٹی کے طریقے سے توانائی کا تبادلہ ہوتا رہتا ہے جب کہ گیس حراری توازن میں نہ آجائے۔

تھرمل کنڈکٹی ویٹی کی مساوات (Expression for Thermal Conductivity):

حراری ہیجان کی وجہ سے گیس کے سالمات ہر سمت میں حرکت کرتے رہتے ہیں۔ ہم یہ تصور کریں گے کہ گیس کے ایک تہائی سالمات X محور کے متوازی ایک تہائی Y محور کے متوازی اور ایک تہائی Z کے متوازی حرکت کررہے ہیں۔ پرت AB کو فی اکائی رقبہ فی اکائی سیکنڈ عبور کرنے والے سالمات کی تعداد۔

$$n\bar{c}/6$$

ہوگی جہاں n سالمات کی تعداد فی اکائی حجم ہے اور $\bar{c}$ سالمات کی اوسط رفتار ہے۔ اگر سالمات کی کمیت m ہو تب جملہ سالمات کی کمیت ہو AB کا اکائی فی اکائی سکنڈ عبور کررہے ہیں ان کی کمیت ہوگی۔

$$mn\bar{c}/6$$

اگر پرت AB کو نیچے کی جانب فی اکائی سکنڈ فی اکائی رقبہ عبور کرنے والے سالمات حراری توانائی Q_1 کے حامل ہوں تب۔

تپش x حرارت نوعی x کمیت $=Q_1$ حراری توانائی

$$Q_1 = \frac{mn\bar{c}}{6} C_v \left(T + \lambda \frac{dT}{dy}\right)$$

اسی طرح پرت AB کو اوپر کی جانب فی اکائی رقبہ اکائی سکنڈ عبور کرنے والے سالمات Q_2 حرارت توانائی کے حامل ہوں تب۔

$$Q_2 = \frac{mn\bar{c}}{6} C_v \left(T + \lambda \frac{dT}{dy}\right)$$

لہٰذا توانائی کا مجموعہ تبادلہ Q ہو تب $\quad Q = Q_1 = Q_2$

$$Q = \frac{mn\bar{c}}{6} C_v \left(T + \lambda \frac{dT}{dy}\right) - \frac{mn\bar{c}}{6} C_v \left(T - \lambda \frac{dT}{dy}\right)$$

$$Q = \frac{1}{6} mn\bar{c} C_v \left(T + \lambda \frac{dT}{dy} - T + \lambda \frac{dT}{dy}\right)$$

$$Q = \frac{1}{3} mn\bar{c} C_v \lambda \frac{dT}{dy}$$

حرارت کی وہ مقدار جو فی اکائی رقبہ فی اکائی تپش کی ڈھلان بہتی ہے شرح حراری ایصالیت (کوئی فی شینٹ آف تھرمل کنڈکٹی ویٹی) کہلاتی ہے جس کو K سے ظاہر کرتے ہیں۔

$$K = \frac{Q}{\frac{dT}{dy}} = \frac{1}{3} \frac{mn\bar{c}C_v}{\frac{dT}{dy}} \lambda \frac{dT}{dy}$$

$$K = \frac{1}{3} mn\bar{c} C_v \lambda$$

لہٰذا ($mn = p$ گیس کی کثافت)

$$K = \frac{1}{3} \rho \bar{c} C_v \lambda$$

ہم جانتے ہیں کہ $\lambda = {}^{1}/_{\sqrt{2}}\pi d^2 n$

لہٰذا $K = \frac{1}{3} mn\bar{c}C_v\sqrt{2}\pi d^2 n$

$$K = \frac{1mn\bar{c}C_v}{3\sqrt{2}\pi d^2 n}$$

نتائج:

i. مساوات میں n میں شامل نہیں ہے۔ اس لیے دی ہوئی تپش پر K کا انحصار گیس کے دباؤ نہیں ہوتا۔

ii. کیونکہ $\bar{c}a\sqrt{T}$ لہٰذا کسی گیس کے لیے K راست تناسب میں رہتی ہے تپش مطلق کے جذر المربع کے۔

iii. شرح کنڈکٹی ویٹی اور شرح وسکاسٹی کے درمیان رشتہ

$$K = \frac{1}{3}mn\bar{c}C_v\lambda \text{ اور } \frac{K}{\eta} = C_v, \quad \eta = \frac{1}{3}mn\bar{c}\lambda$$

iv. ہم جانتے ہیں کہ $m = M/N$ جہاں M= سالمی وزن اور N= اوگارڈ و مستقل، K کی مساوات میں درج کرنے پر

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}}\frac{\bar{c}}{\prod d^2}\left(\frac{M}{N}\right)C_v$$

v. ہم جانتے ہیں کہ $\bar{c} = \sqrt{\frac{8kT}{\prod m}}$ جہاں K= بولٹز من مستقل درج کرنے پر $K = \frac{1}{3\sqrt{2}}\frac{C_v}{\prod d^2}\left(\frac{M}{N}\right)\sqrt{\frac{8kT}{\prod m}}$

اس سے معلوم ہوا کہ شرح تھرمل کنڈکٹی ویٹی معکوس تناسب میں ہے گیس کے سالمات کی کمیت کے جذر المربع کے۔

2.6 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

دباؤ کم مستقل رکھتے ہوئے کس تپش پر ہائیڈروجن کی روٹ مین اسکوائر رفتار اس کی NTP تپش سے دوگنی ہو جائے گی۔

حل: ہم جانتے ہیں

$$Crms = \sqrt{\left(\frac{3kT}{m}\right)}$$

$$Crms = a\sqrt{T}$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

دیا گیا ہے کہ $T_2 = ?\ C_2 = 2C_1 T_1 = 273k$

$$\frac{C_1}{2C_1} = \sqrt{\frac{2T_3}{T_2}}$$

مربع لینے پر $t_2 = 1092 - 273\ T_2 = 4 \times 273$

$= 819^0\ T2 = 1092K$

حل شدہ مثال2

نائٹروجن کے سالمہ کا مین فری پاتھ 0^0C ایک کرہ ہوائی کے دباؤ 0.8×10^{-5} ہے اسی تپش اور دباؤ پر سالمات کی تعداد فی اکائی حجم $2.7 \times 10^{19}/CC$ تب سالمہ کا قطر محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ $\lambda = 0.8 \times 10^{-5} cm$ $\quad d = ?\ n = 2.7 \times 10^{19}$

ہم جانتے ہیں کہ مین فری پاتھ کی مساوات

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n d^2}$$

$$d^2 = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n \lambda}$$

$$d = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n \lambda} = \sqrt{\frac{1}{\sqrt{2 \times 3.14 \times 2.7 \times 10^{19} \times 0.8 \times 10^{-5}}}} = 3.22 \times 10^{-8} cm$$

حل شدہ مثال3

ہائیڈروجن کے ایک سالمہ کی توانائی بالحرکت 0^0C پر 5.64×10^{-21} ہے اور مولار گیس مستقل $R =$ $8.32\ j/mole/k$ ہے تب اکاگاردوئ نمبر کی قیمت محسوب کیجئے۔

حل: $\frac{1}{2} Mn\overline{C^2} = RT$

دیا گیا ہے $PV \frac{1}{3} Mn\overline{C^2} = R$

$$\frac{1}{3} Mn\bar{E}^2 = RT$$

$$\therefore N = \frac{3RT}{M\ \bar{C}^2}$$

یا $$N = \frac{3RT}{2 \times \frac{1}{2} M\bar{C}^2}$$

$$N = \frac{3 \times 8.32 \times 273}{2 \times 5.64 \times 10^{-21}} = 6.04 \times 10^{23}$$

$$N = 6.04 \times 10^{23}$$

حل شدہ مثال4

NTP پر نائٹروجن کے سالمہ کا مین فری پاتھ $8.85 \times 10^{-6} cm$ اور سالمی رفتار $4.5 \times 10^{4}\ cm/sec$ ہے۔ نائٹروجن کی سالمی کثافت $1.25 \times 10^{-3}\ gm/cc$ ہو تو نائٹروجن کی شروع وسکاسٹی محسوب کیجئے۔

حل:

دیا گیا ہے کہ

$\lambda = 8.85 \times 10^{-3}$ $\quad \bar{C} = 4.5 \times 10^{4}\ cm/Sec$ $\quad 1.25 \times 10^{3}\ gm/cc$ =تب $\eta = ?$

$$\eta = \frac{1}{3} \times p\bar{C}\lambda$$

$$= \frac{1}{3} \times 1.25 \times 10^{-3} \times 4.5 \times 10^{4} \times 8.85 \times 10^{-3}$$

$$\eta = 166 \times 10^{-6}\ dynes/cm^{2}/unit\ velocitygradient$$

حل شدہ مثال5

آکسیجن کے سالمہ کا قطر $2.14 \times 10^{-10} m$ اور مستقل حجم پر حرارت نوعی $0.653 \times 10^{3} j/kg/k$ اور سالمہ کی کمیت 5.31×10^{-26} ہے اگر بولٹز من مستقبل 1.38×10^{-23} ہو تب $O^{0}C$ پر آکسیجن کے سالمہ کی شرح تھرمل کنڈکٹی ویٹی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$K = 1.38 \times 10^{-23}\ j/k\ , m = 5.31 \times 10^{-23} kg, Cv = 0.653 \times 10^{3} m\ mks\ Unit, d = 2.14 \times 10^{-10} m$$

تب

$$K = ?$$

ہم جانتے ہیں

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{\Pi d^{2}}$$

اور

$$\bar{c} = \left(\frac{8kT}{\Pi m}\right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{8 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 273}{3.14 \times 5.31 \times 10^{-26}}\right)^{1/2}$$

لہٰذا

$$\bar{c} = 425\ m/s$$

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}}\frac{m\bar{c}Cv}{d^2} = \frac{1}{3\times1.414} \times \frac{5.31\times10^{-26}\times425\times0.653\times10^3}{3.14\times2.14(10^{-10})2} = 24 \times 10^{-3} mksuni$$

حل شدہ مثال6

دیا گیاہے کہ ایک گیس کے سالمہ کا قطر $3.069 \times 10^{-10}m$ اور رفتار $450m/sec$ ہے اور سالمے میں فی مکعب میٹر 2.7×10^{25} سالمات ہیں تب سالمہ کا (i)۔ مین فری پاتھ اور (ii) تصادم کی فریکونسی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیاہے کہ

$\bar{C} = 450\frac{m}{sec}, d = 3.069 \times 10^{-10}$ اور $n = 2.7 \times 10^{25}$ تب $\lambda = ?$

تصادم کی فریکونسی؟ ہم جانتے ہیں کہ $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n d^2}$

تب $\lambda = \frac{1}{1.414\times3.142.7\times10^{25}\times3.069(10^{-10})^2} = 8.853 \times 10^{-8}m$

اور متعلقہ تصادم کی فریو کنسی $\frac{\bar{C}}{\lambda} = \frac{450}{8.853\times10^{-8}} = 5.083 \times 10^9/sec$

2.7 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- P دباؤ حجم V اور تپش مطلق T کے درمیان رشتہ کی مساوات کامل گیس مساوات کہلاتی ہے۔ $Pv = nRT$ جہاں n سالموں کی تعداد اور R یونیورسل گیس مستقل۔
- ایک گیس میں ٹرانسپورٹ کے مظہر کی وجہ سے مومنٹم کی منتقلی وسکاوسٹی کا سبب اور توانائی کی منتقل کنڈکٹی ویٹی کا سبب بنتی ہے۔
- ایک گیس میں مختلف حصوں میں رفتار کے جزv,u اور w کی قیمت مساوی ہونا ضروری نہیں۔ جس کی وجہ سے گیس کی مختلف پرتوں کے درمیان ایک دوسرے کے لحاظ سے اضافی حرکت پیدا ہوتی ہے جس کی وجہ سے تیز رفتار پرتیں سست رفتار پرتوں کو مومنٹم (معیار حرکت) منتقل حرکت کرتے تاکہ حالت توازن پیدا ہو جائے۔ اس مومنٹم کے ٹرانسپورٹ کی وجہ سے گیسوں میں لزوجیت (وسکاسٹی) Viscosity پیدا ہوتی ہے۔
- گیس کے مختلف حصوں میں تپش مختلف رہتی ہے۔ گیس کی حالت کو توازن میں لانے کے لیے گیس کے سالمات زیادہ تپش کے حصے سے کم تپش کے حصوں کو کائینیٹک انرجی منتقل کرتے ہیں۔ حرارت کے اس ٹرانسپورٹ کی وجہ سے گیسوں میں ایصالیت (Conductivity) کا مظہر وجود میں آتا ہے۔

2.8 کلیدی الفاظ (Keywords)

- Degree of Freedom (ڈگری + آف + فریڈم): ایک گیس کے سالمہ کی آزادانہ حرکت کو بیان کرنے کے لیے درکار متغیر کی تعداد
- Translatory Energy (ٹرانلس + لے + ٹری + انر + جی): ذرہ کی ایک خط میں حرکت کی وجہ سے حاصل توانائی۔
- Rotational Energy (رو + ٹیش + نل + انر + جی): ذرہ کو گردش کی وجہ سے حاصل توانائی

2.9 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

2.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. کوئی فی شنٹ آف وسکاسٹی اور کوئی فی شنٹ آف تھرمل کنڈکٹی ویٹی کی مساواتیں لکھیے اور ان کے درمیان رشتہ لکھیے۔
2. NCC اور C ترسیم میں چوٹی پر کرو (Curve) غیر متشاکل کیوں ہوتی ہے؟
3. ٹرانسپورٹ کے مظہر سے گیس میں کون سے طبیعی واقعات وجود میں آتے ہیں؟
4. پروبابیلٹی سے کیا مراد ہے؟
5. سالمہ کی rms اسپیڈ کی مساوات ہوگی۔

(a) $1.59\sqrt{\frac{kT}{m}}$ (b) $1.41\sqrt{\frac{kT}{m}}$

(c) $1.73\sqrt{\frac{kT}{m}}$ (d) $\sqrt{\frac{kT}{m}}$

6. ذیل میں سے کون سا رشتہ صحیح ہے۔

(a) $\bar{C} = Cp = Crms$ (b) $Crms < \bar{C} < CP$

(c) $Crms > \bar{C} > Cp$ (d) $\bar{C} < Crms < Cp$

7. کوافی سنٹ آف کنڈکٹی ویٹی اور وسکاسٹی کے درمیان نسبت ہوتی ہے۔

(a) تپش مطلق (b) گیس کی ڈنسٹی

(c) حرارت نوعی (d) حرارت مخفی

8. ایک گیس کی تپش مطلق میں 4 گناہ اضافہ کیا جائے اس کی rms اسپیڈ میں اضافہ ہوگا۔

(a) چار گنا (b) 2 گناہ

(c) تین گنا (d) ¼ گناہ

2.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات(Short Answer Type Questions)

1. میکس ویل کی Speed کے ڈسٹری بیوشن کلیہ کی صداقت کے لیے Miller اور Kusch کا تجربہ بیان کیجیے۔
2. بتلایئے کہ کس طرح گیسوں کی کوئی نیٹک تھیوری مظہر ٹرانسپورٹ کی وضاحت کرتی ہے۔
3. حر حرکیاتی پروبیبلٹی کی وضاحت کیجیے۔

2.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات(Long Answer Type Questions)

1. ایک گیس میں مظہر ٹرانسپورٹ سے کیا مراد ہے؟ کائی نیٹک تھیوری کی بنیاد پر ایک گیس میں کوئی فی شنٹ آف وسکاسٹی کی مساوات اخذ کیجیے۔
2. کائی نیٹک تھیوری کی بنیاد پر ایک گیس میں تھرمل کنڈکٹی ویٹی کی مساوات اخذ کیجیے۔

2.9.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. 100c پر ہوا کے تھرمل کنڈکٹی ویٹی کے کوافی شنٹ کی قیمت محسوب کیجیے۔ دیا گیا ہے کہ اکائی $Cp = 15.5 \times 10^3 mks, k = 1.38 \times 10^{-23} j/k$ ہوا کے سالمہ کی کمیت 8×10^{-26} اور قطر 3.2×10^{-10} ہے۔
(جواب: $12.29 \times Jm^{-1}s^{-1}k^{-1}$)
2. کس تپش پر ہائیڈروجن کے سالمہ کی اوریج اسپیڈ نائٹروجن کے سالمہ کی اوریج اسپیڈ کے مساوی ہوگی جب کہ نائٹروجن کا سالمہ 35^oC تپش پر ہے؟ (جواب: -251^0C)

2.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد(Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5th & 6th)
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.

اکائی 3۔ شماریاتی میکانیات

(Statistical Mechanics)

اکائی کے اجزا

3.0 تمہید

3.1 مقاصد

3.2 شماریاتی میکانیات (اسٹاٹسٹیکل میکانکس)

3.3 شماریاتی توازن

3.3.1 ہیت، فضا

3.3.2 تقسیمی امکان

3.3.3 حرحرکیاتی امکان

3.4 میکس ویل بولٹز من کا تقسیمی کلیہ

3.5 حل شدہ مثالیں

3.6 اکتسابی نتائج

3.7 کلیدی الفاظ

3.8 نمونہ امتحانی سوالات

3.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

3.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

3.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

3.8.4 غیر حل شدہ سوالات

3.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد

3.0 تمہید (Introduction)

اسٹاٹسٹیکل میکانکس سائنس کی وہ شاخ ہے جو نظام کے کلاں بینی (Macroscopic) برتاؤ (کثیر تعدادی خصوصیات) اور اس کے خوردبینی Microscopic برتاؤ (انفرادی خصوصیات) کے درمیان تعلق قائم کرتی ہے۔ لہٰذا جیسا کہ نام سے ظاہر ہے اسٹاٹسٹیکل میکانکس کا تعلق نظام کے ذرات کی انفرادی حرکت سے متعلق نہیں ہوتی بلکہ یہ کثیر ممکن برتاؤ کی تلاش کرتی ہے یا ذرات کے اجتماع کے شماریاتی خصوصیات پر بحث کرتی ہے۔

3.1 مقاصد (Objectives)

یہ اکائی میں ہم:

- شماریاتی میکانیات (اسٹاٹسٹیکل میکانکس) کے بارے میں جانیں گے۔
- شماریاتی توازن پر بحث کریں گے۔
- میکس ویل بولٹزمن کا تقسیمی کلیہ کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔

3.2 شماریاتی میکانیات (اسٹاٹسٹیکل میکانکس) (Statistical Mechanics)

سترہویں صدی کے اختتام تک طبیعی مظاہر کی وضاحت میکانیات کے عام کلیات کی مدد سے کی جاتی تھی۔ ایک نظام پر غور کیجئے جو کثیر ذرات پر مشتمل ہے۔

i. ایک گیس ایک مول پر غور کریں تو یہ 10^{23} سالمات پر مشتمل ہوتا ہے۔ اس نظام کی تمام تر تفصیلات حاصل کرنے ہمیں 10^{23} مساواتیں حل کرنا ہوگا۔ اس کے علاوہ تمام ذرات کی رفتاروں محل وقوع (پوزیشن) کی معلومات رکھنا بھی ناممکن ہے اس لیے اس نظام پر میکانیات کے عام کلیات عائد کرنا تقریباً ناممکن ہے۔

ii. ایک جوہر کے تابکاری زوال (Decay) پر غور کیجئے۔ اس صورت حال میں کوئی یہ نہیں کہہ سکتا کہ تابکار شئے کا کون سا جوہر کب اور پہلے زوال پذیر ہوگا۔

iii. ایک جوہر میں دو الکٹرانس کی موجودگی کے مسئلہ کو میکانیات کے عام کلیات سے حل نہیں کیا جا سکتا۔

iv. اس لیے ایک ایسے نظام کو جو کثیر ذراعت پر مشتمل ہو میکانیات کے عام کلیات سے حل کرنا ناممکن ہے۔ اس طرح کے مسئلوں کو شماریاتی میکانیات کے طریقے سے کامیابی سے حل کیا گیا۔

اسٹاٹسٹیکل میکانکس سائنس کی وہ شاخ ہے جو نظام کے کلاں بینی (Macroscopic) برتاؤ (کثیر تعدادی خصوصیات) اور اس کے خوردبینی Microscopic برتاؤ (انفرادی خصوصیات) کے درمیان تعلق قائم کرتی ہے۔ لہٰذا جیسا کہ نام سے ظاہر ہے اسٹاٹسٹیکل

میکانکس کا تعلق نظام کے ذرات کی انفرادی حرکت سے متعلق نہیں ہوتی بلکہ یہ کثیر ممکن برتاؤ کی تلاش کرتی ہے یاذرات کے اجتماع کے شماریاتی خصوصیات پر بحث کرتی ہے۔

اسٹاٹسٹیکل میکانکس کے مطالعہ کی درجہ بندی دو طریقوں میں کی جاتی ہے۔

1. کلاسیکل شماریات یا میکس ویل بولٹز من اسٹاٹسٹکس
2. قدری شماریات یا کوانٹم اسٹکاٹسٹیکس(Quantum Statistics) کوانٹم شماریات کو مزید دو ذیلی درجوں میں تقسیم کیا گیا۔
   a. بوس۔ آئین اسٹائین اسٹاٹسٹکس
   b. فری۔ڈیراک اسٹاٹسٹکس

کلاسیکی شماریات میں میکس ویل کے سالماتی رفتاری تقسیم کے کلیہ کے نتائج سے استفادہ کیا جاتا ہے۔ میکس ویل، بولٹز من شماریات ایک گیس کے مظہر مثلاً تپش دباؤ، توانائی وغیرہ کی وضاحت کامیابی سے کرتی ہے۔ لیکن تجرباتی مشاہدہ کردہ حقائق مثلاً سیاہ جسم سے اشعاع (بلیک باڈی ریڈیشن)، ضیائی برقی اثر (فوٹو الکٹرک ایفکٹ) کم تپش پر حرارت نوعی وغیرہ کی وضاحت کرنے میں ناکام ہوگئی۔ ان مظاہر کی وضاحت کے لئے بوس آئین اسٹائین، فری ڈیراک نے کوانٹم اسٹاٹسٹکس کو پروان چڑھایا۔ کوانٹم اسٹاٹسٹک کے ایک درجہ کو بوس۔ آئین اسٹائین اسٹاٹکس اور دوسرے درجے کو فرمی ڈیراک اسٹاٹسٹک کہتے ہیں۔ ذرات جو بوس آئین اسٹائین کی شماریات کی پابندی کرتے ہیں۔ بوسانس(Bosons) کہلاتے ہیں جیسے فوٹان، گراؤنڈ اسٹیٹ میں ہیلیم کا جوہر اور α ذرات وغیرہ۔ وہ ذرات جر فرمی۔ڈیراک شماریات کی پابندی کرتے ہیں۔ فرمیانس(Fermins) کہلاتے ہیں۔ مثلاً پروٹان الکٹران، نیوٹران وغیرہ۔

3.3 شماریاتی توازن(Statistical Equilibrium)

ایک حرکیاتی علیحدہ(Isolated) نظام پر غور کیجئے جو N ذرات پر مشتمل ہے۔ فرض کیجئے ان ذرات کو حامل توانائی کے درجات کی توانیاں $E_1, E_2, E_3 \ldots\ldots E_n$ ہیں۔

فرض کیجئے کہ دیے گئے وقت کے کسی بھی لمحے میں توانائی کے E_1 درجہ میں n_1 ذرات E_2 درجہ میں n_2 ذرات وغیرہ ہیں تب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$N = n_1 + n_2 + n_3 + - - - - = \sum ni$$
$$U = n_1E_1 + n_2E_3 + n_3E_3 + - - - = \sum_1 n_iE_i$$

جہاں U نظام کی کل توانائی ہے۔

یہاں پر تصور کیا گیا کہ ذرات ایک دوسرے سے تعامل (ری ایکٹ) نہیں کرتے اور مجموعی توانائی U مستقل ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ گیس کے سالمات ایک دوسرے سے اور برتن کی دیوار سے ٹکراتے ہیں جس کی وجہ سے $n2, n1$ اور $n3$ مسلسل تبدیل ہوتے رہتے ہیں۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ سالمات توانائی کے ایک درجے سے دوسرے درجہ کو عبور کرتے رہتے ہیں۔ یہ تصور کرنا بجا ہے کہ نظام کے ہر

درجے کے لیے ایک نہایت پسندیدہ تقسیم ہوتی ہے جب تقسیم مکمل ہوتی ہے تب نظام حالت توازن حاصل کرلیتا ہے جسے شماریاتی توازن کہتے ہیں۔

3.3.1 ہیت، فضا (فیز اسپیس) (Phase-Space)

اسٹاٹسٹیکل ایکوی لیبزیم پر غور کرنے سے قبل ہم اصطلاحات اژدھام (ان سمبل) Ensemble فیز پوائنٹ (Phase point) اور فیز اسپیس Phase-Space اور کثافتی تقسیم (ڈنٹی آف ڈسٹری بیوشن) کا تعارف کروائیں گے۔

ان سمبل (Ensemble):

ذرات کا ایسا مجموعہ جس میں صرف ایک ذرہ زیر غور ہو نظام (سسٹم) کہلاتا ہے اور ذرات کے تمام مجموعے کو اجتماع (اسمبلی) (Assembly) اور کئی اسمبلیوں کے مجموعے کو اژدھام (Ensemble) کہتے ہیں۔

فیز نقاط (فیز پوائنٹس) اور فضا (فیز اسپیس) (Phase Space):

کلاسیکل میکانکس میں ذرہ کی وضع (پوزیشن) تین کارتیزی (Castesian) (x,y,z) محدد سے ظاہر کی جاتی ہے۔ ذرہ کے تین ڈگری آف فریڈم ہوتے ہیں۔ ذرہ کی حالت حرکت کی رفتار جز $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$ یا v_x, v_y اور v_z سے ظاہر کرتا ہے۔ ذرہ کی حرکت کو بعض اوقات سہولت بخش بنانے کے لیے رفتاری محدد کے بجائے مومنٹم محدد $\left(mv_x, mv_y\right.$ اور $\left.mv_z\right)$ کی رقوم میں ظاہر کیا جاتا ہے جہاں m سے مراد ذرہ کی کمیت ہے۔ اس طرح ایک واحد ذرہ کی وضع کو بیان کرنے کے لیے کارتیزی محدد x,y اور z محدد اور متعلقہ مومنٹم جز p_x, p_y اور p_z کی ضرورت پڑتی ہے۔ اس سے ظاہر ہے کہ ایک ذرہ کی حرکت کو ایک نظام میں مکمل طور پر ظاہر کرنے کے لیے 6 محدد کی ضرورت ہوتی ہے۔ Gibbs نے یہ تجویز پیش کی کہ ذرہ کی کسی بھی لمحاتی حالت (پوزیشن اور مومنٹم) کو ظاہر کرنے کے لیے سہولت کی خاطر فضا میں ہم ایک چھ ابعادی فضا کو تصور کریں جس میں 6 محدد $\left(x, y, z, p_x, p_y\right.$ اور $\left.p_Z\right)$ کی نشاندہی اس طرح کی جائے کہ 6 محدد آپس میں باہمی طور پر عموددار ہوں۔ یہ ایک خالص ریاضیاتی نظریہ ہے۔ یہ چھ ابعادی فضاہیت فضا (فیز اسپیس) یا μ اسپیس کہلاتی ہے۔ فیز اسپیس میں ایک ایسا نقطہ جو ذرہ کی لمحاتی حالت کو ظاہر کرتا ہے ہیت نقطہ (فیز پوائنٹ) (Phase Point) کہلاتا ہے۔ جیسے جیسے وقت آگے بڑھتا ہے فیز پوائنٹ، فیز اسپیس میں داخل ہوتا ہے اور اس کی یہ حرکت ذرہ کا راستہ (ٹراجکٹری) کہلاتی ہے۔ فیز پوائنٹ کی تعداد فی اکائی حجم ان نقاط کی فیز ڈنسٹی (Phase Density) کہلاتی ہے۔

فیز اسپیس میں کثافتی تقسیم (Density Distribution in Phase Space):

کسی بھی ایک ان سمبلی کی حالت ظاہر کرنے کے لیے کثافتی تفاعل (ڈنسٹی فنکشن) ρ کے ساتھ فیز اسپیس میں فیز پوائنٹس تقسیم ہوتے ہیں ڈنسٹی فنکشن کو ڈنسٹی آف ڈسٹری بیوشن یا پروبابلیٹی ڈنسٹی یا ڈسٹری بیوشن فنکشن کہتے ہیں۔ ڈنسٹی فنکشن ρ پوزیشن

محدد $(q_1, q_2, q_3 \dots q_f)$ کا تفاعل اور f مونٹم محدد $(p_1, p_2 \dots p_f)$ مل کر فیز اسپیس میں 2f مشترکہ پوزیشن مونٹم محدد بناتے ہیں ρ بھی وقت کا ایک تفاعل ہے کیونکہ وقت کے ساتھ فیز پوائنٹ اور فیز اسپیس کی حرکت سے کثافت میں تبدیلی آتی ہے۔

لہٰذا $$\rho = \rho(q_1, q_2 --- q_f; p_1, p_2 --- p_f, l)$$

یا $$\rho = \rho(q, p, t)$$

ڈنسٹی آف ڈسٹری بیوشن کی اہمیت یہ ہے کہ یہ ان سسٹم کی تعداد کو ظہار کرتی ہے جو ایک دیے ہوئے وقت میں فیز اسپیس کے مختصر حجم میں پائے جاتے ہیں۔

ایک ان سمبلی کو حالت توازن میں رکھنے ذیل کی دو شرائط کی پابندی ضروری ہے۔

a. فیز پوائنٹس کو مختلف علاقوں (Regions) میں معلوم کرنے کے امکانات وقت سے آزاد (Independent) ہونے چاہئے۔

b. ایک ان سمبلی کے سسٹم کی خصوصیات کی اوسط قیمت بھی وقت سے آزاد ہونی چاہئے۔

ریاضیاتی طور پر ایک ان سمبلی کے اسٹاٹسٹیکل ایکوی لیبریم کو ظاہر کرنے کی مساوات

$$\left(\frac{\partial p}{\partial t}\right)_{q.p} = 0$$

یہ مساوات ظاہر کرتی ہے کہ ان سمبل کو p اور q کی تمام قیمتوں کے لیے اسٹاٹسٹیکل ایکوی لیبریم میں رہنے کے لیے کثافت ρ بھی فیز اسپیس کے تمام نقاط پر وقت سے آزاد رہنی چاہئے۔

امکانات کا تصور (Concept of Probability):

امکانات کو تصور کو سمجھنے کے لیے فرض کیجئے کہ ہم ایک سکہ کو ٹاس کرتے ہیں سکہ چت (Head) گرے یا پٹ (Tail) اس کا امکان 1/2 یا 50٪ ہوگا۔ اگر سکہ کو کوئی مرتبہ ٹاس کیا جائے تب سکہ کے چت یا پٹ گرنے کے امکانات 50٪ یا نصف، نصف ہوں گے اس حقیقت کو پرابو بلیبٹی کی رقوم میں بیان کیا جاتا ہے۔ کسی ایک واقعہ event کے مکان سے مراد وہ نسبت ہے جو کیسس (Cases) کی تعداد جس میں ایک ایونٹ وقوع پذیر ہوتا ہے اور کیس کی مجموعی تعداد کے درمیان پائی جاتی ہے بشر طیکہ ایونٹ کی تعداد بہت زیادہ ہو۔

$$\text{ایک ایونٹ کا امکان} = \frac{\text{کیس کی تعداد جس میں ایونٹ واقع ہوتا ہے}}{\text{کیس کی مجموعی تعداد}}$$

فرض کیجئے ایک ایونٹ a طریقے سے واقع ہوتا ہے اور b طریقے سے وقوع ہونے میں ناکام ہوتا ہے تب۔

$$\text{ایونٹ کے واقع ہونے کا امکان} = \frac{a}{a+b}$$

$$\text{ایونٹ کے ناکام ہونے کا امکان} = \frac{b}{a+b}$$

یہاں یہ مان لیا جاتا ہے کہ $(a+b)$ طریقہ کے وقوع ہونے کا امکان یکساں ہے۔ لیکن دو امکانات کا حاصل $\frac{a}{a+b}+\frac{b}{a+b}$ ہمیشہ 1 ہوتا ہے کیونکہ یا تو ایونٹ واقع ہوتا ہے یا فیل ہو جاتا ہے۔

فرض کیجئے کہ چار لڑکے ہیں، A,B,C اور D جو ایک خاص سرخ رنگ کا بال حاصل کرنا چاہتے ہیں۔ تب A کے سرخ بال کو حاصل کرنے کا امکان ¼ ہے۔ اسی طرح مان لیجئے ایک سبز بال ہے جسے 4 لڑکوں میں تقسیم کرنا ہے تب A کا سبز بال حاصل کرنے کا امکان ¼ ہے۔ لہٰذا A کا بہ یک وقت 2 بال حاصل کرنے کا امکان $\frac{1}{16}=\frac{1}{4}\times\frac{1}{4}$ ہوتا ہے۔ لہٰذا ایک مخلوط (Composite) ایونٹ کے واقع ہونے کا امکان مساوی ہوتا ہے انفرادی اور آزاد ایونٹ کے حاصل ضرب کے۔

3.3.2 تقسیمی امکان (Probability of Distribution)

ہم ایک ایسی صورت حال پر غور کریں گے جس میں ایک صندوق کو K خانوں میں تقسیم کیا گیا جس میں ہر خانہ کا رقبہ a_1, a_2, a_3 — — ایک دوسرے سے مختلف ہے فرض کیجئے کہ N تعداد میں قابل امتیاز (Distinguishable) بال بے ترتیب انداز میں صندوق میں پھینکے جاتے ہیں اور ہماری ترجیح کوئی خاص خانہ نہیں ہے۔ یہ عمل ہم کئی بار کریں گے اور ہر بار ہر خانے میں گرنے والے بالوں کی تعداد ریکارڈ کریں گے۔ یہ مشاہدہ کیا گیا ہے کہ ہر خانے میں بالوں کی تقسیم ایک مخصوص انداز میں ایک سے زائد مرتبہ ہوتی ہے۔ اس تقسیم کو کثیر امکانی تقسیم (موسٹ پروبیبل ڈسٹری بیوشن) کہتے ہیں۔ اس قسم کی تقسیم میں ظاہر ہے کہ بالوں کی تقسیم خانے کے سائز کے تناسب میں رہتی ہے۔ اس مسئلہ کو حل کرنے کے لیے ہم کئی مخصوص تقسیموں کے امکانات کا جائزہ لیں گے۔

یہ امکانات دو طرح کے ہیں:

1. ما قبل امکانی تقسیم (پرائری پروبابلیٹی ڈسٹری بیوشن) (A Priori Probability Distribution)
2. حر حرکیاتی امکانی تقسیم (تھرموڈائنامیکل ڈسٹری بیوشن) (Termodnamical Distribution)

1. پرائری پروبابلٹی ڈسٹری بیوشن (A Priori Probability Distribution)

ایک ما قبل امکان gi وہ امکان ہے جس میں ایک بال i^{th} خانہ میں گرتا ہے۔ وہ نسبت ہے خانے کے رقبہ a_1 اور صندوق کے کل رقبہ A_1 کے درمیان یعنی

$$g_1=\frac{a_1}{A_1}$$

جہاں $$A=a_1+a_2+a_3$$

ظاہر ہے کہ خانے کا رقبہ جتنا بڑا ہوگا بال کے اس گرنے کا امکان اتنا ہی زیادہ ہوگا اور جن کے رقبے مساوی ہوں گے بال کے ان میں گرنے کے امکانات بھی مساوی ہوں گے اور مزید یہ کہ پرائری پروبابلٹی کا جمع ہر ایک پرائری امکان کے مساوی جو 1 کے مساوی ہوگا۔

$$\sum g_i=g_1+g_2+g_3+---+g_1=1$$

دو بالوں کے ایک ہی خانے میں بہ یک وقت گرنے کا امکان ہو گا $g_i \times g_i = gi^2$

اس طرح n_i بال بہ یک وقت i^{th} خانے میں گرنے کا امکان $(gi)^{ni}$ ہو گا۔

تب N بالوں کے K خانوں میں ایک مخصوص پر ائری تقسیم اس طرح کہ پہلے خانے میں n_1 بال دوسرے خانے میں n_2 بال n_2 وغیرہ کی مساوات ہو گی۔

$$G = (g_1)^{n_1}, (g_2)^{n_2} --- (g_i)^{n_i} --- (g_k)^{n_k}$$

بشر طیکہ

$$\sum n_i = n_1 + n_2 + n_3 \leftarrow +n_i + n_k$$

اگر تمام خانے آپس میں مشابہ ہوں گے تب ان کی پر ائری پر وبا بلیٹی ڈسٹری بیوشن بھی مشابہ ہو گی۔تب

$$G = \sum_g n_1 + n_2 + ----- + n_k$$

لہٰذا

$$G = g^N$$

چونکہ تمام خانوں میں بالوں کی تقسیم امکانی طور پر مساوی نہیں ہے اس لیے ہم حر حر کیاتی امکانی تقسیم کا نظریہ متعارف کرائیں گے۔

3.3.3 حر حر کیاتی امکان (تھوموڈائنامک پر وبا بلیٹی)(Thermodynamic Probability)

پر ائری پر ابا بلیٹی ڈسٹری بیوشن میں یہ تصور کیا گیا تھا کہ پہلے خانے میں n_1 بال ہیں اور دوسرے خانے میں n_2 بال ہیں۔۔۔۔ وغیرہ اس صورت حال کو حاصل کرنے کے طریقے اور بھی ہیں۔

وہ مختلف تواتر Sequences جس میں خانوں میں بالوں کی تقسیم ہر خانہ میں بالوں کی تعداد تبدیل کیے بغیر ہو "تھر موڈائنامک پر وبا بلیٹی ڈسٹری بیوشن کہلاتا ہے۔

فرض کیجئے کہ مجموعی N بالوں میں سے n_1 بال پہلے خانے میں گرتے ہیں جس کو ظاہر کرنے کے لیے ہم یہ مساوات استعمال کرتے ہیں۔

$$N_{C_{N_1}} = \frac{N!}{n_1!(N-n_1)!}$$

اب باقی $(N - n_1)$ بالوں میں سے دوسرے خانے میں گرنے والے بالوں کی تعداد n_2 ہو گی۔

لہٰذا

$$N - n1_{C_{n^2}} = \frac{N-n_1}{n_2!(N-n_1-n_2)!}$$

پہلے اور دوسرے خانے میں n_1 اور n_2 بالوں کو منتخب کرنے کے مجموعی طریقے ہوں گے۔

$$\frac{N!}{n_1!(N-n_1)!} \times \frac{(N-n_1)!}{n_2!(N-n_1-n_2)!} = \frac{N!}{n_1!n_2!(N-n_1-n_2)!}$$

اس طرح پہلے خانے میں n_1ہال دوسرے خانے میں n_2ہال اور۔۔۔۔۔۔K خانے میں n_kہال گرنے کے مختلف طریقوں کی کل تعداد ہوگی۔

$$W = \frac{N!}{n_1!(N-n_1)!} \times \frac{(N-n_1)!}{n_2!(N-n_1-n_2)!} \times \frac{(N-n_1-n_2)!}{n_3!(N-n_1-n_2-n_3)!} \times$$

$$\frac{(N-n_1-n_2------n_K-1)!}{n_K!(N-n_1-n_2-n_3----n_K)!} = \frac{N!}{n_1!n_2!(N-n_1-n_2)!}$$

$$W == \frac{N!}{n_1!n_2!n_3!......(n_K)!}$$

یہ مساوات تھرموڈائنامیکل پروبابلیٹی ڈسٹری بیوشن کو ظاہر کرتی ہے۔

پرائری پروبابلیٹی ڈسٹری بیوشن Gاور تھرموڈائنامیکل ڈسٹری بیوشن wکا حاصل ضرب ٹوٹل ڈسٹری بیوشن پرابلیٹی Pہوتا ہے۔

لہٰذا

$$P = G \times W$$

$$P = \frac{N!}{(n_1!n_2!n_3!----n_k i)} \times (g1)^{n1}(g2)^{n2} ----(gk)^{nk}$$

$$P = N! \prod_{i=1}^{K} \frac{(gi)^{ni}}{n!}$$

یہ مساوات Nہالوں کی Kخانوں میں سے پہلے خانے میں n_1 دوسرے خانے میں n_2۔۔۔ گولے گرنے کے امکان کو ظاہر کرتی ہے۔

حرحرکی شماریات میں امکانیات کے مسئلے(Thermo in Statistical Thermodynamics):

مختلف تقسیمی کلیوں کے مطالعہ کے لیے حسب ذیل امکانی مسئلے مفید ہیں۔

i. N قابل امتیاز ذرات کو مختلف طریقوں سے آرڈر میں ترتیب دینے کی تعداد N_1ہے۔

مثال کے طور پر ایک نظام میں 4 ذرات ہیں تب ان ذرات کو ترتیب دینے کے طریقے 24=!4ہیں اس طرح یکے بعد دیگرے ایک نقطہ پر ایک ذرہ رہتا ہے۔

ii. N قابل امتیاز ذروں میں سے nذروں کو مختلف طریقوں سے منتخب کرنے کی تعداد بغیر کسی ترجیح کے ہوگی۔

$$\frac{N!}{(N-n)n!}$$

فرض کیجئے کہ 4 قابل امتیاز ذرات ہیں۔ 4ذرات میں سے 3 ذرات کو بغیر کسی ترجیح کے منتخب کرنا ہے۔ یہ انتخاب 4 طریقوں سے کیا جاسکتاہے۔اوپر کے مسئلہ کے بموجب $n = 3, N = 4$

لہذا $\frac{4!}{(4-3)\times 3!} = \frac{4\times 3\times 2\times 1}{1\times 3\times 2\times 1} = 4$

iii. وہ مختلف طریقے جن میں n قابل امتیاز ذرات کو g قابل شناخت حالتوں (States) میں اس طرح ترتیب دیا جائے کہ ہر حالت میں ایک ذرہ ایک سے زائد مرتبہ نہ ہو۔ اس کی مساوات ہوگی۔

$$\frac{gi}{n!(g-n)i}$$

iv. 4 قابل امتیاز حالتوں پر غور کیجئے اور تین قابل امتیاز ذرات کو تصور کیجئے وہ طریقوں کی تعداد جس میں یہ ترتیب دی جاسکتی ہے وہ 4 ہیں۔

$g = 4, n = 3$ اوپر کے مسئلہ کو استعمال کرنے پر

$$\frac{4!}{3!(4-3)!} = 4$$

3.4 میکس ویل بولٹز من کا تقسیمی کلیہ (Maxwell-Boltzman Distribution Law)

کلاسیکی شماریات میں میکس ویل۔ بولٹز من کا ڈسٹری بیوشن لا نہایت ہی اہمیت کا حامل ہے۔

فرض کیجئے کہ ایک برتن میں مشابہ لیکن غیر امتیاز سالمات موجود ہیں۔ یہ سالمات برتن مین ہر سمت میں آزادانہ حرکت کررہے ہیں۔ ایک مخصوص تپش پر مکمل گیس کی ایک مخصوص اوسط توانائی ہے لیکن مختلف سالمات کی توانائی مختلف ہے۔ 1854ء میں میکس ویل نے غور کیا کہ ایک معین (Fixed) مقدار کی مجموعی توانائی ایک اجتماع (Assembly) کے مختلف اراکین (Members) میں کس طرح تقسیم کیا جائے۔ اس سوال کے امکانی جواب کی مساوات کو میکس ویل۔ بولٹز من کا ڈسٹری بیوشن لا کہتے ہیں۔

فرض کیجئے ایک اسمبلی میں N سالمات ہیں جن میں n_1 سالمات کی توانائی ε_1, η_2 سالمات کی توانائی ε_2 — — — اور اسی طرح۔

فرض کیجئے k قیمت تک محدود ہے۔ لہذا سالمات کے مجموعی اسمبلی کو توانائی کی مختلف حالتوں (States) میں اس طرح تقسیم کیا گیا کہ n_1 سالمات کی توانائی ε_1, η_2 سالمات کی توانائی ε_2 اور η_k سالمات کی توانائی ε_k ہے چونکہ تمام سالمات کی مجموعی تعداد N ہے اور گیس کے سالمات کی مجموعی تعداد E مستقل ہے لہذا ہم کو حسب ذیل تعلق حاصل ہوتا ہے۔

$$n_1 + n_2 + n_3 - - - n_k = \sum_i n_i = N \text{ ----------(1)}$$

توانائی کی بقا کے لیے
$$n_1\varepsilon_1 + n_2\varepsilon_2 + - - - n_k\varepsilon_k = E$$

ایک سالمہ کی E_1 توانائی ایک پرائری پروبیل ڈسٹری بیوشن کے مطابق g_i ہوگی اس کو ملحوظ رکھتے ہوئے میکس ویل اور بولٹز من نے جو مساوات اخذ کی وہ ہے۔

$$n_i = g_i e^{-\alpha} e^{-\beta \varepsilon i}$$

جہاں $e^{-\alpha}$ اور β مستقل ہیں۔ اس مساوات کو میکس ویل بولٹز میں ڈسٹری بیوشن لا کہتے ہیں۔ اس مساوات سے ہم توانائی کی مختلف حالتوں میں سالمات کی کثیر امکانی تقسیم معلوم کرسکتے ہیں۔

میکس ویل بولٹز من کے کلیہ کے اطلاقات کی شرائط

(Conditions of Applications of Maxwell-Boltzmann Law)

میکس ویل بولٹز من کے کلیہ کو استعمال کرنے کے لیے حسب ذیل شرائط ہیں۔

i. نظام کے ذرات قابل امتیاز ہوں اور یکسانیت (Symmetry) کی کوئی قید نہ ہو۔

ii. ہر کوانٹم گروپ کے آئی جن اسٹیٹ (Eigen State) میں ذرات $0,1,2,3 - - - - n_1$ ہو۔

iii. نظام کے تمام ذرات کی مجموعی تعداد مستقل ہونی چاہئے۔ یعنی

iv. $n = n_1 + n_2 + n_3 + - - - - - n_i = \sum_i ni =$ مستقل

v. مختلف کوانٹم گروپس میں موجود ذرات کا مجموعہ نظام کی مجموعی توانائی کے مساوی ہونا چاہئے۔

n_i ذرات کی g_i آئی جن اسٹیٹ میں تقسیم حسب ذیل طریقے سے کی جاتی ہے۔

ہر گروپ یا لیول میں ذرات کی پرائری امکانی تقسیم g_i ہوگی کیونکہ یکسانیت کی کوئی تحدیدات نہیں اس کے ذرات کی کوئی بھی تعداد کسی بھی گروپ سے وابستہ ہوسکتی ہے ایک i^{th} گروپ پر غور کریں۔ ان ذرات g_i کو مختلف ذیلی گروپس میں ٹھہرایا جاسکتا کیونکہ ذرات قابل امتیاز ہیں g_i گروپ کا کوئی بھی ذرہ ذیلی g_i گروپ میں اپنی جگہ بنا سکتا ہے یعنی n_i ذرات میں کا ہر ذرہ g_i کے مختلف ذیلی گروپس میں رہ سکتا ہے۔ لہٰذا n_i کو g_i ذیلی گروپ میں جگہ بنانے کا اختیار (choice)۔ gi^{ni} اس طرح قابل امتیاز n ذرات کی $n_1 n_2, n_3 - - -$ گروپس میں تقسیم n! ہوتی ہے۔

اس کے تمام نظام کے لیے آئی جن اسٹیٹ کی مجموعی تعداد ہوگی۔

$$n!\, g_1^{n_1} g_2^{n_2} \ldots g_i^{n_i}$$

3.5 حل شدہ مثالیں (Solved Problems)

حل شدہ مثال 1

NTP پر نائٹروجن کے سالمہ کا مین فری پاتھ $8.85 \times 10^{-6} cm$ اور سالمی رفتار $4.5 \times 10^4\ cm/sec$ ہے۔ نائٹروجن کی سالمی کثافت $1.25 \times 10^{-3}\ gm/cc$ ہو تو نائٹروجن کی شروع وسکاسٹی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$\lambda = 8.85 \times 10^{-3} \quad \bar{C} = 4.5 \times 10^4\ cm/Sec \quad = 1.25 \times 10^3\ gm/cc \quad \text{تب}\ \eta = ?$$

$$\eta = \frac{1}{3} xp\bar{C}\lambda$$

$$= \frac{1}{3} \times 1.25 \times 10^{-3} \times 4.5 \times 10^{4} \times 8.85 \times 10^{-3}$$

$$\eta = 166 \times 10^{-6}\, dynes/cm^2/unit\ velocitygradient$$

حل شدہ مثال2

آکسیجن کے سالمہ کا قطر $2.14 \times 10^{-10} m$ اور مستقل حجم پر حرارت نوعی $0.653 \times 10^{3} j/kg/k$ اور سالمہ کی کمیت 5.31×10^{-26} ہے اگر بولٹز من مستقبل 1.38×10^{-23} ہو تب O^0C پر آکسیجن کے سالمہ کی شرح تھرمل کنڈکٹی ویٹی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$K = 1.38 \times 10^{-23}\, j/k\, , m = 5.31 \times 10^{-23} kg, Cv$$
$$= 0.653 \times 10^{3} m\ mks\ Unit, d = 2.14 \times 10^{-10} m$$

تب

$$K = ?$$

ہم جانتے ہیں

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{\Pi d^2}$$

اور

$$\bar{c} = \left(\frac{8kT}{\Pi m}\right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{8 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 273}{3.14 \times 5.31 \times 10^{-26}}\right)^{1/2}$$

لہٰذا

$$\bar{c} = 425\ m/s$$

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{d^2} = \frac{1}{3 \times 1.414} \times \frac{5.31 \times 10^{-26} \times 425 \times 0.653 \times 10^{3}}{3.14 \times 2.14 (10^{-10})2} = 24 \times 10^{-3} mksuni$$

3.6 اکتسابی نتائج (Learning out comes)

- مین فری پاتھ وہ اوسط فاصلہ ہے۔ جو ایک سلامہ و متواتر تصادم کے درمیان طئے کرتا ہے۔

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n d^2}$$

جہاں n عددی کثافت اور d سالمہ کا قطر ہے۔

- ایک گیس میں ٹرانسپورٹ کے مظہر کی وجہ سے مومنٹم کی منتقلی وسکاوسٹی کا سبب اور توانائی کی منتقل کنڈکٹی ویٹی کا سبب بنتی ہے۔
- ذرات کا ایسا مجموعہ جس میں صرف ایک ذرہ زیر غور ہو سسٹم، ذرات کے مجموعے کو اجتماع (اسمبلی) اور کئی اسمبلیوں کے مجموعہ کو Ensemble کہتے ہیں۔
- وہ ذرات جو میکس ویل بولٹزمن ڈسٹری بیوشن کلیہ کی پابندی کرتے ہیں کلاسیکی ذرات کہلاتے ہیں۔
- وہ ذرات جو بوس آئین اسٹائین ڈسٹری بیوشن کلیہ کی پابندی کرتے ہیں بوسانس کہلاتے ہیں۔
- وہ ذرات جو فری ڈیراک ڈسٹری بیوشن کی پابندی کرتے ہیں فرمیانس کہلاتے ہیں۔
- ایک ذرہ کی فضا میں حرکت کو ظاہر کرنے کے لیے 6 العبادی محدد (x, y, z, P_x, P_y اور P_z) درکار ہوتے ہیں۔ جو باہمی ایک دوسرے عمود دوار ہوں فیز اا سپیس کہلاتے ہیں۔
- ایک ان اسمبلی کو اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم میں رہنے کی شرط $\left(\frac{\partial P}{dt}\right)_{q.p} = 0$ جہاں پر ρ پروبابلیٹی فنکشن ہے۔
- تھرموڈائنامکل پروبابلٹی تھیورم 3 ہیں۔

i. $N!$

ii. $\frac{N!}{(N-n)n!}$

iii. $\frac{g!}{n!(g-n)!}$

3.7 کلیدی الفاظ (Keywords)

- Spin (اس + پن): کسی ذرہ (الکٹران) کی تیز گردش
- Eigenstate (آئی + جن + اس + ٹیٹ): ذرہ کی قابل مشاہدہ اور قابل شناخت حالت میں اس کی پوزیشن مومنٹم اور انرجی بیان کی جاسکے۔

3.8 نمونہ امتحانی سوالات (Sample Questions for Examination)

3.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer type Questions)

1. مین فری پاتھ سے کیا مراد ہے؟
2. کس اسٹاٹسٹیکلس میں تپش مطلق پر سسٹم کی انرجی صفر نہیں آتی؟
3. تھرموڈائنامکس پروبابلیٹی تھیورم بیان کیجئے۔

4. ڈسٹری بیوشن کلیہ $ni = \frac{gi}{(e^{a+\varepsilon i/kT}-1)}$ کی پابندی کرنے والے ذرات کہلاتے ہیں۔

(a) بوسانس (b) فرمیانس

(c) پائی آنس (d) کلاسیکل ذرات

5. فرمیانس ذیل کی کلیہ کی پابندی کرتے ہیں؟

(a) بوس آئین اسٹائین (b) فرمی ڈیراک

(c) میکس ویل بولٹز من (d) تمام کلیات کی پابندی کرتے ہیں

6. ایک گیس کی تپش مطلق میں 4 گناہ اضافہ کیا جائے اس کی rms اسپیڈ میں اضافہ ہو گا۔

(a) چار گنا (b) 2 گناہ

(c) تین گنا (d) ¼ گناہ

7. الکٹرانکس کون سی اسٹاٹسٹکس کی پابندی کرتے ہیں؟

(a) FD (b) BE

(c) MB (d) سب کی

8. ایک نظام میں 4 ذرات ہیں انہیں یکے بعد دیگرے ترتیب دینے کے جملہ طریقے ہوں گے۔

(a) $4!$ (b) $\frac{4!}{4}$

(c) $\frac{4!}{4}$ (d) 1

3.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم سے کیا مراد ہے؟
2. فیز ا اسپیس اور فیز پوائنٹ کی وضاحت کیجئے۔
3. 3BE MB اور FD اسٹاٹسٹیکس کے مابین تقابل کیجئے۔

3.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. ایک گیس میں مظہر ٹرانسپورٹ سے کیا مراد ہے؟ کائی نیٹک تھیوری کی بنیاد پر ایک گیس میں کوئی فی شنٹ آف وسکاسٹی کی مساوات اخذ کیجئے۔
2. کلاسیکل اور کوانٹم اسٹاٹسٹکس کے درمیان فرق واضح کیجئے۔ میکس ویل بولٹز من بوس آئین اسٹائین اور فری ڈیراک اسٹاٹسٹکس پر مختصر نوٹ لکھیے۔

3. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم پر بحث کیجئے اور اس کے لیے ضروری شرائط اخذ کیجئے۔

3.8.4 غیر حل شدہ سوالات ((Unsolved Questions)

1. کس تپش پر ہائیڈروجن کے سالمہ کی اروتج اسپیڈ نائٹروجن کے سالمہ کی اور تج اسپیڈ کے مساوی ہوگی جب کہ نائٹروجن کا سالمہ 35^oC تپش پر ہے؟ (جواب: -251^0C)

2. ایک نائٹروجن کے سالمہ کا میں فری پاتھ پر محسوب کیجئے دیا گیا ہے کہ $d = 3.2 \times 10^{-10}$ اور نائٹروجن کے سالموں کی تعداد فی اکائی حجم 2.7×10^{19} (جواب: $0.8 \times 10^{-7}m$)

3. O^0C پر آکسیجن کے سالمہ کی کوانی شنٹ آف وسکاٹی کی قیمت محسوب کیجئے۔ دیا گای ہے کہ سالمہ کا مین پاتھ کرہ ہوائے کے دباؤ پر $9.58 \times 10^{-8}m$ اور سالمہ وزن $32 \times 10^{-3}kg$ ہے۔ (جواب: $1.93 \times 10^{-5}NS/m^2$)

4. 5 سالمات کی بالترتیب اسپیڈ 1.61.61.52 اور 1.2 کیلو میٹر فی سکنڈ ہے تب سالمات کی موسٹ پروبیبل اسپیڈ محسوب کیجئے۔
(جواب: 1.60 km/s)

3.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

---

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th}& 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.

اکائی 4۔ قدرتی شماریات

(Quantum Statistics)

اکائی کے اجزا

4.0 تمہید

4.1 مقاصد

4.2 قدرتی شماریات

4.3 تین شماریات میں اہم فرق

4.4 فری ڈیراک ڈسٹری بیوشن کلیہ

4.5 بوس۔ آئین اسٹائین تقسیمی کلیہ

4.6 شماریات کے تینوں کلیات کے مابین تقابل

4.7 بوسانس اور فرمیانس میں تفاعل

4.8 حل شدہ مثالیں

4.9 اکتسابی نتائج

4.10 کلیدی الفاظ

4.11 نمونہ امتحانی سوالات

4.11.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

4.11.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

4.11.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

4.11.4 غیر حل شدہ سوالات

4.12 تجویز کردہ اکتسابی مواد

4.0 تمہید (Introduction)

ہم نے اب تک کلاسیکل اسٹاٹسٹکس کا مطالعہ کیا جس میں حالت توازن میں سالمات کے اجتماع (اسمبلی) میں میکو ویل۔ بولٹز من رفتاروں کے تقسیمی کلیہ کے کلاسیکل نتائج سے استفادہ کیا گیا۔ کلاسیکل شماریات کے ذریعہ کئی اہم مظہر جیسے تپش دباؤ توانائی وغیرہ کی کامیابی سے وضاحت کی گئی۔ لیکن دوسرے کئی اہم مظہر جیسے سیاہ جسم سے اشعاع (بلیک باڈی ریڈیشن)، ضیائی برقی اثر (فوٹو الکٹرک ایفکٹ) اور کم تپش پر حرارت نوعی وغیرہ کی وضاحت میں کلاسیکل اسٹاٹسٹکس ناکام ہوگئی۔ کلاسیکل اسٹاٹسٹکس کی اس ناکامی نے ایک نئی شماریات کو ترقی دی اسے کوانٹم اسٹاٹسٹکس کہتے ہیں۔

4.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- قدرتی شماریات, تین شماریات میں اہم فرق کے بارے میں جانیں گے۔
- فری ڈیراک ڈسٹری بیوشن کلیہ کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔
- بوس۔ آئین اسٹائین تقسیمی کلیہ کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔
- شماریات کے تینوں کلیات کے مابین تقابل کے درمیان فرق کی تعریف کریں گے۔
- بوسانس اور فرمیانس میں تقاعل کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔

4.2 قدرتی شماریات (Quantum Statistics)

بلیک باڈی ریڈیشن کی وضاحت کے لیے پلانک (Plank) نے ایک بنیادی مفروضہ پیش کیا کہ تمام اشعاع فوٹان پر مشتمل ہوتی ہیں جس کی توانائی $h\nu$ کے حاصل جز ضربی ہوتی ہے جس کو کوانٹم انرجی کہتے ہیں۔ فوٹان آپس میں مشابہ ہوتے ہیں اور ہم ان میں امتیاز نہیں کرسکتے۔ دو فوٹان کی ادلا بدلی (Inter change) سے فوٹان کی اسمبلی کی حالت میں کوئی تبدیلی نہیں ہوتی اس لیے ہم فوٹان پر میکس ویل ڈسٹری بیوشن کا اطلاق نہیں کرسکتے۔ اس طرح کے غیر امتیازی نظام سے نمٹنے کے لیے 1924ء میں S.N. Bose نے ایک نئی شماریات کو ترقی دی جسے بوس۔ آئین اسٹائین اسٹاٹسٹکس کہتے ہیں۔ جو ذرات اس کلیہ کی پابندی کرتے ہیں بوسانس (Bosons) کہلاتے ہیں۔ دو سال بعد فری اور ڈیراک نے اس میں آزادانہ طور پر ترمیم کی اور پالی کا اصول استخراج (Pauli’s Exclusion Principle) استعمال کر کے اسے گیسوں میں استعمال کیا۔ اس اصول کے مطابق کوئی دو الکٹرانکس ایک ہی کوانٹم حالت میں ایک ساتھ رہ سکتے۔ میکانی شماریات میں یہ اصول اس طرح بیان کیا جاتا ہے کہ دو یا دو سے زائد زائد ہیت (Phase) کا یکساں حالت میں قیام ممکن نہیں۔ اس نظریہ نے شماریات کی دوسری قسم نرمی۔ ڈیراج اسٹاٹسٹکس کی بنیاد رکھی۔ وہ ذرات جو اس شماریات کے کلیہ کی پابندی کرتے ہیں فرمیانس کہلاتے ہیں۔

اس طرح کوانٹم شماریات کو دو حصوں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔

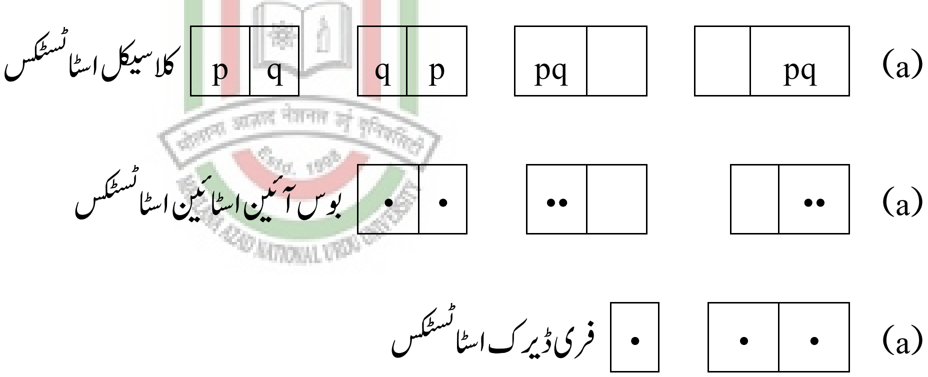
a. بوس آئین اسٹائین اسٹاٹسٹک: اس شماریات کا اطلاق ان ذرات پر کیا جاتا ہے جو آپس میں مشابہ غیر امتیازی ہوتے ہیں جن کی اسپن(Spin)، صفیر یا جز ضربی(Integral Multiple) ہو۔ ایسے ذرات کو بوسانس کہتے ہیں۔ جس کی مثال فوٹان اور کم تپش پر ہیلیم کے جوہر ہیں۔

b. فری ڈیراک اسٹاٹسٹکس: اس شماریات کا اطلاق مشابہ غیر امتیاز ذرات پر ہوتا ہے جن کا اسپن نصف جز ضربی ہوتا ہے۔ اس ذرات کو فرمیانس کہتے ہیں۔ جن کی مثال الکٹرانکس پروٹانس اور نیوٹرانس ہیں۔

4.3 تین شماریات میں اہم فرق (Essential Difference Between Three Statistics)

اب ہم تین شماریات میں اہم فرق واضح کریں گے۔ جس کے لیے ہم دو نقاط کا انتخاب کریں گے، جس میں صرف دو خانوں میں ذرات رہائش پذیر(Occupy) ہوں گے۔

کلاسیکل اسٹاٹسٹکس میں ذرات قابل امتیاز ہوتے ہیں۔ اس کے ایک یا دو ذرات دو میں سے کسی ایک خانے میں رہائش پذیر ہوں گے لہٰذا اس صورت حال میں چار ترتیبیں ممکن ہیں۔



شکل(4.1)

بوس آسٹائین اسٹاٹسٹکس میں غیر امتیازی ہیں۔ اس لیے اپنی انفرادیت باقی نہیں رکھتے۔ اس صورت حال میں کسی بھی خانے میں ذرات کی تعداد کچھ بھی ہوسکتی ہے۔ اس کے یہاں صرف تین طرح کی ترتیب ممکن ہے۔ فری ڈیراک شماریات میں ذرات غیر امتیازی ہوتے ہیں۔ یہ ذرات پالی کے استخراجی اصول کی پابندی کرتے ہیں۔ اس لیے ذرات کی صرف ایک ترتیب ممکن ہے۔ جسے شکل(4.1) میں دکھلایا گیا ہے۔

4.4 فری ڈیراک ڈسٹری بیوشن کلیہ (Fermi- Dirac Distribution Law)

فری ڈیراک ڈسٹری بیوشن کلیہ کا اطلاق غیر امتیازی ذرات پر ہوتا ہے۔ جو پالی (Pauli) کے اصول استخراج پابندی کرتے ہیں۔ ان ذرات کو فرمیانس کہا جاتا ہے۔

ایک سسٹم پر غور کیجئے۔ جس میں n غیر امتیاز ذرات ہیں۔ فرض کیجئے ان ذرات کو کوانٹم سطحوں یا کوانٹم گروپ میں تقسیم کیا جاتا ہے اور ہر سطح میں ذرات کی تعداد $n_1, n_2, n_3 \ldots . n_i$ اور ان کی توانائیاں E_1, E_2 اور E_3, E_i ہیں۔

فرض کیجئے کہ: g شماریاتی وزن (ذیلی سطح کی تعداد) i^{th} سطح کو ظاہر کرتی ہیں۔

اس مجموعی سسٹم کے قابل امتیاز مجموعی آئی جن (Eligen) حالتوں کی تعداد ہوگی۔

$$G = \Pi_i \frac{g_i!}{n_i!(g_i-n_i)} \text{---------}(4.1)$$

تب دو ذیلی شرائط ہوں گے۔

1. نظام کے ذرات کی تعداد مستقل ہوگی یعنی مستقل $n = \sum_i ni$

یا

$$\delta n = \sum_i \delta n_i = 0 \text{--------}(4.2)$$

2. نظام کی مجموعی توانائی مستقل ہوگی یعنی ایک مستقل $E = \sum_i n_i \varepsilon_i$

یا

$$\delta \varepsilon = \sum_i \varepsilon_i \delta n_i = 0 \quad \text{-----}(4.3)$$

اوپر کے نکات فری ڈیراک تقسیم کی طرف رہنمائی کرتے ہیں جس سے ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$\beta = \frac{1}{kT} \quad \text{جہاں} \quad ni = \frac{gi}{e^{\alpha+\beta\alpha}+1} \text{-------}(4.4)$$

اوپر کی مساوات ایک نظام کے مختلف توانائی سطحوں میں ذرات کی کثیر امکانی تقسیم کو ظاہر کرتی ہے اور فری ڈیراک تقسیمی کلیہ کہلاتی ہے۔

4.5 بوس۔ آئین اسٹائین تقسیمی کلیہ (Bose-Einstien Distribtuion Law)

بوس۔ آئین اسٹائین شماریات میں ذرات غیر امتیازی ہوتے ہیں۔ ذرات کی کوئی بھی تعداد کسی بھی کوانٹم حالت میں رہ سکتی ہے۔ مزید یہ کہ کسی بھی کوانٹم حالت کا امکان مساوی ہوتا ہے۔ وہ مختلف طریقے جس میں n_i غیر امتیازی ذرات کو g_i خانوں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔ وہ ہوں گے۔

(چونکہ خانوں کی تعداد بہت زیادہ) $$\frac{(n_i+g_i)!}{n_i!g_i!} \qquad \text{-------(4.5)}$$

تب قابل امتیاز آئی جن (Eigen States) حالتوں کی تعداد ہو گی۔

$$G = \Pi_i \frac{(n_i+g_i)}{n_i!g_i!}! \qquad \text{-----(4.6)}$$

حالت توازن کے لیے

$$\delta G = 0 \qquad \text{------(4.7)}$$

تب وہ ذیلی شرائط ہوں گی۔

1. نظام میں موجود ذرات کی تعداد مستقل ہو گی۔

مستقل $n = \sum_i n_i$

یا

$$\delta n = \sum_i \delta n_i = 0 \qquad \text{-----(4.8)}$$

2. نظام کی مجموعی توانائی مستقل ہو گی یعنی

مستقل $E = \sum_i n_i \varepsilon_i =$

$$\delta E = \sum_i \varepsilon_i \delta n_i = 0 \qquad \text{------(4.9)}$$

اوپر کے نکات بوس۔ آئین اسٹائن تقسیم کی طرف رہنمائی کرتے ہیں جس سے ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$n_i = \frac{g_i}{(e^{\alpha+\beta\alpha}+1)} \qquad \text{-------(4.10)}$$

مساوات (4.10) نظام کی مختلف سطحوں میں ذرات کی کثیر امکانی تقسیم کو ظاہر کرتی ہے اسے بوس۔ آئین اسٹائن تقسیمی کلیہ کہتے ہیں۔

4.6 شماریات کے تینوں کلیات کے مابین تقابل (Comparison of Three Statistics)

تین شماریات میں کثیر امکانی تقسیم کے کلیات کے مساواتیں حسب ذیل ہیں:

میکس ویل بولٹز من کی مساوات $$n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i}/kT} \qquad \text{------(4.11)}$$

بوس آئین اسٹائن کی مساوات $$n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i}/kT_{-1}} \qquad \text{------(4.12)}$$

فری ڈیراک کی مساوات $$n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i}/kT_{+1}} \qquad \text{-------(4.13)}$$

جہاں n_i کی تعداد ہے جن کی انرجی اسٹیٹ ε_i اور g_i وہ حالتوں کی تعداد جس میں توانائی مساوی ہے۔ اب ہم ایک نئی مقدار $f(\varepsilon_i)$ کو متعارف کرائیں گے جسے اکوپیشن نمبر (Occupation Number) کہتے ہیں۔ جو ذرات کی تعداد اور توانائی کی حالتوں کے درمیان نسبت ہے۔یعنی

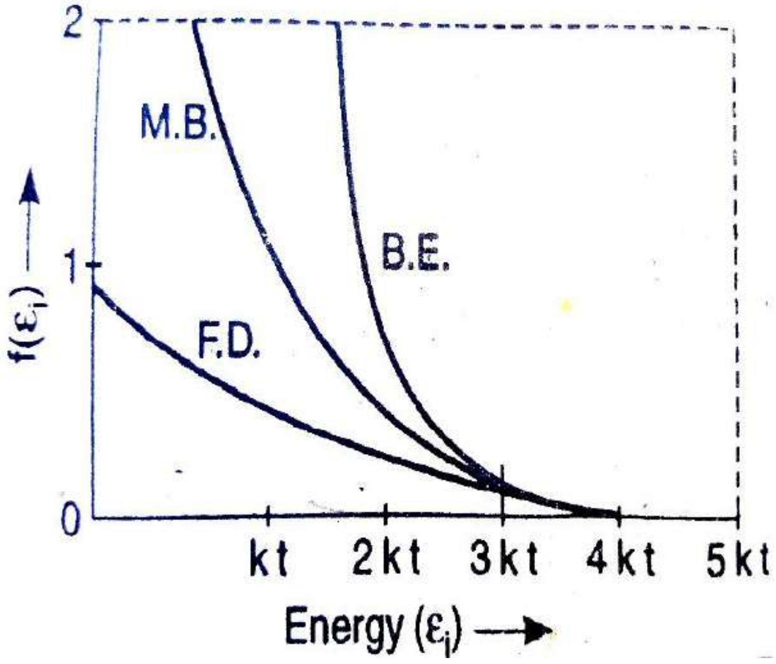
$$f(\varepsilon_i) = \frac{n_i}{g_i}$$

تب اکوپیشن نمبر کی اصطلاح میں تینوں شماریات کی مساواتیں ہوں گی۔

$$[f(\varepsilon_i)]_{MB} = \frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}} \quad \text{--------}(4.14)$$

$$[f(\varepsilon_i)]_{B.E} = \frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}-1} \quad \text{--------}(4.16)$$

$$[f(\varepsilon_i)]_{B.E} = \frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}+1} \quad \text{--------}(4.17)$$



شکل(4.2)

تینوں تقسیموں کے تقابل کو شکل(4.2) میں دکھایا گیا ہے۔

شکل(4.2) سے ظاہر ہے کہ بوس آئین اسٹائین B.E تفاعل، میکس ویل تفاعل سے ہمیشہ اونچا ہوتا ہے اور خالص قوت نمائی (Exponential) ہوتا ہے۔ یہ تفاعل تپش مطلق (T) پر توانائی کی حالت ε_i کے واقع ہونے کے امکان کو ظاہر کرتے ہیں۔

مساوات 4.14, 4.15اور4.16 سے ظاہر ہے کہ e^{α} کی قیمت سے بہت زیادہ ہے۔ یعنی $(e^{\alpha} \gg 1)$ تب بوس آئین اسٹائین B.Eاور فرمی ڈیراک FD تقسیم میکس ویل بولٹز من تقسیم MB کے تقریباً مساوی ہو جاتی ہے۔ تمام عام گیسوں کی نارمل تپش اور دباؤ پر یہی کیفیت رہتی ہے۔ لہٰذا اس علاقہ (Region) میں تینوں شماریات میں کوئی فرق نہیں رہتا۔ جہاں گیسوں کی توانائی بالحرکت معمول کے مطابق ہو۔ اگر e^{α} کی قیمت اکائی سے بہت کم ہوتی ہے۔ یعنی $(e^{\alpha} \ll 1)$

تب میکس ویل بولٹز من کا کلیہ نا قابل اطلاق ہوتا ہے لیکن بوس آینئ اسٹائین فری ڈیراک کے کلیات قابل اطلاق ہوتے ہیں۔ اس صورت میں ذرات کا انتخاب کہا جاتا ہے کہ حالت پستی (Degenerecy) میں ہے e^{α} حالت پستی کا ظاہر کرنے والا جز ہے جسے ڈی جنریسی پیرا میٹر کہتے ہی۔

ذیل کے جدول میں تینوں شماریات کے فرق کو دکھایا گیاہے۔

فری ڈیراک (F.D) شماریات	بون۔ آئین اسٹائین (B.E) شماریات	میکس ویل بولٹز من (M.B) شماریات
1۔ اس کا اطلاق نظام کے مشابہ غیر امتیازی ذرات پر ہوتا ہے جو پالی کے اصول استخراج کی پابندی کرتے ہیں مثلاً الکٹران	اس کا اطلاق مشابہ، غیر امتیازی ذرات پر ہوتا ہے جو پالی کے اصول استخراج کی پابندی نہیں کرتے مثلاً فوٹون اور مائع ہیلیم وغیرہ	اس کا اطلاق نظام کے مشابہ قابل امتیاز ذرات پر ہوتا ہے۔ مثلاً گیس
2۔ یہ ذرات فرمیانس کہلاتے ہیں	یہ ذرات بوسانس کہلاتے ہیں	ان ذرات کو کلاسیکل ذرات کہتے ہیں۔
3۔ دی ہوئی کوانٹم حالت میں صرف ایک ذرہ ہی (Allowed) ہوتا ہے۔	ایک دی ہوئی حالت میں ذرات کی تعداد پر کوئی پابندی نہیں۔	ایک دی ہوئی حالت میں ذرات کی تعداد پر کوئی پابندی نہیں۔
4۔ تقسیمی کلیہ ہے $n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}+1}$	تقسیمی کلیہ ہے $n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}-1}$	تقسیمی کلیہ ہے $n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}}$
5۔ تقسیمی تفاعل ہے $\frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}+1}$	تقسیمی تفاعل ہے $\frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}-1}$	تقسیمی تفاعل ہے $\frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}}$
6۔ تپش مطلق پر نظام کی توانائی صفر نہیں ہوسکتی کیونکہ پالی کے اصول استخراج کی رو سے تمام ذرات گرائونڈ اسٹیٹ میں نہیں آتے۔	تپش مطلق پر نظام کی توانائی صفر ہوسکتی ہے۔	تپش مطلق پر نظام کی توانائی صفر ہوتی ہے مثلاً ایک کامل ایک جوہری گیس

4.7 بوسانس اور فرمیانس میں تفاعل (Comparison Between Bosons & Fermions)

بوسانس اور فرمیانس میں تفاعل:

1۔ یہ ایسے ذرات پر مشتمل ہوتے ہیں جو آپس میں مشابہ، غیر امتیازی اور پالی کے اصول استخراجی کے کلیہ کی پابندی کرتے ہیں۔ مثلاً الکٹرانکس، پروٹانس، نیوٹرانس وغیرہ	یہ ایسے ذرات پر مشتمل ہوتے ہیں جو آپس میں مشابہ غیر امتیازی اور پالی کے اصول استخراج کی پابندی نہیں کرتے مثلاً فوٹانس اور مائع ہیلیم وغیرہ۔
2۔ ایک دی ہوئی کوانٹم حالت میں صرف ایک ذرہ ہی ہو سکتا ہے	ایک دی ہوئی حالت میں ذرات کی تعداد پر کوئی پابندی نہیں
3۔ تقسیمی کلیہ ہے $n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i}/kT_{+1}}$	تقسیمی کلیہ ہے $n_i = \frac{g_i}{e^{\alpha+\varepsilon i}/kT_{-1}}$
4۔ تقسیمی تفاعل ہے۔ $\frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}{}_{+1}}$	تقسیمی تفاعل ہے۔ $\frac{1}{e^{\alpha+\varepsilon i/kT}{}_{-1}}$
5۔ تپش مطلق پر نظام کی توانائی صفر نہیں ہو سکتی کیونکہ پالی کے اصول استخراج کی وجہ سے تمام ذرات کم تر توانائی کی سطح گراونڈ اسٹیٹ میں نہیں آتے۔	تپش مطلق پر نظام کی توانائی صفر ہو سکتی ہے۔

4.8 حل شدہ مثالیں (Solved Problems)

حل شدہ مثال 1

آکسیجن کے سالمہ کا قطر $2.14 \times 10^{-10}m$ اور مستقل حجم پر حرارت نوعی $0.653 \times 10^3 j/kg/k$ اور سالمہ کی کمیت 5.31×10^{-26} ہے اگر بولٹز من مستقل 1.38×10^{-23} ہو تب O^0C پر آکسیجن کے سالمہ کی شرح تھرمل کنڈکٹی ویٹی محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ

$$K = 1.38 \times 10^{-23}\, j/k\, , m = 5.31 \times 10^{-23} kg, Cv = 0.653 \times 10^3 m\ mks\ Unit, d = 2.14 \times 10^{-10} m$$

تب

$$K = ?$$

ہم جانتے ہیں

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{\Pi d^2}$$

اور

$$\bar{c} = \left(\frac{8kT}{\Pi m}\right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{8\times1.38\times10^{-23}\times273}{3.14\times5.31\times10^{-26}}\right)^{1/2}$$

لہٰذا

$$\bar{c} = 425\ m/s$$

$$K = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{m\bar{c}Cv}{d^2} = \frac{1}{3\times1.414} \times \frac{5.31\times10^{-26}\times425\times0.653\times10^{3}}{3.14\times2.14(10^{-10})2} = 24 \times 10^{-3} mksuni$$

4.9 اکتسابی نتائج(Learning out comes)

- میکس ویل بولٹز من ڈسٹری بیوشن کلیہ $ni = gi\ e^{-a} e^{-\varepsilon/kT}$
- فری ڈیراک کلیہ $ni = \frac{g!}{(e^{a+\varepsilon i/kT}+1)!}$
- بوس آئین اسٹائین ڈسٹری بیوشن کلیہ $\frac{g!}{(e^{a+\varepsilon i/kT}-1)}$

4.10 کلیدی الفاظ(Keywords)

- Spin(اس+پن): کسی ذرہ(الکٹران) کی تیز گردش
- Eigenstate(آئی+جن+اس+ٹیٹ): ذرہ کی قابل مشاہدہ اور قابل شناخت حالت میں اس کی پوزیشن مونٹم اور انرجی بیان کی۔

4.11 نمونہ امتحانی سوالات (Sample Questions for Examination)

4.11.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer type Questions)

1. کس اسٹاٹسٹیکلس میں تپش مطلق پر سسٹم کی انرجی صفر نہیں آتی؟
2. تھرموڈائنامکس پروبابلیٹی تھیورم بیان کیجئے۔
3. فرمیانس کی مثالیں دیجئے۔
4. بوسانس کی مثالیں دیجئے۔
5. ڈسٹری بیوشن کلیہ $ni = \frac{gi}{(e^{a+\varepsilon i/kT}-1)}$ کی پابندی کرنے والے ذرات کہلاتے ہیں۔

(a) بوسانس (b) فرمیانس

(c) پائی آنس (d) کلاسیکل ذرات

6. فرمیانس ذیل کی کلیہ کی پابندی کرتے ہیں؟

(a) بوس آئین اسٹائین (b) فرمی ڈیراک

(c) میکس ویل بولٹزمن (d) تمام کلیات کی پابندی کرتے ہیں

7. ایک گیس کی تپش مطلق میں 4 گناہ اضافہ کیا جائے اس کی rms اسپیڈ میں اضافہ ہو گا۔

(a) چار گنا (b) 2 گناہ

(c) تین گنا (d) ¼ گناہ

8. الکٹرانکس کون سی اسٹاٹسٹکس کی پابندی کرتے ہیں؟

(a) FD (b) BE

(c) MB (d) سب کی

9. ایک نظام میں 4 ذرات ہیں انہیں یکے بعد دیگرے ترتیب دینے کے جملہ طریقے ہوں گے۔

(a) $4!$ (b) $\frac{4!}{4}$

(c) $\frac{4!}{4}$ (d) 1

4.11.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم سے کیا مراد ہے؟
2. فیز ااسپیس اور فیز پوائنٹ کی وضاحت کیجئے۔
3. BE MB اور FD اسٹاٹسٹیکس کے مابین تقابل کیجئے۔
4. بوسانس اور فرمیانس کے درمیان تقابل کیجئے۔

4.11.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. کلاسیکل اور کوانٹم اسٹاٹسٹکس کے درمیان فرق واضح کیجئے۔ میکس ویل بولٹزمن بوس آئین اسٹائین اور فری ڈیراک اسٹاٹسٹکس پر مختصر نوٹ لکھیے۔
2. اسٹاٹسٹیکل ایکولی بیرم پر بحث کیجئے اور اس کے لیے ضروری شرائط اخذ کیجئے۔

3. میکس ویل بولٹزمن، بوس آئین اسٹائین اور فری ڈیراک اسٹاٹسٹیکس کے درمیان تقابل کیجیے۔ کن حدود کے تحت BE اور FD اسٹاٹسٹیکلس MB اسٹاٹسٹکس کے مساوی ہوتے ہیں؟

4.11.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. ایک نائٹروجن کے سالمہ کا میں فری پاتھ پر محسوب کیجیے دیا گیا ہے کہ $d = 3.2 \times 10^{-10}$ اور نائٹروجن کے سالموں کی تعداد فی اکائی حجم 2.7×10^{19} (جواب: $0.8 \times 10^{-7} m$)

2. $O^0 C$ پر آکسیجن کے سالمہ کی کوافی شنٹ آف وسکاٹی کی قیمت محسوب کیجیے۔ دیا گای ہے کہ سالمہ کا مین پاتھ کرہ ہوائے کے دباؤ پر $9.58 \times 10^{-8} m$ اور سالمہ وزن $32 \times 10^{-3} kg$ ہے۔ (جواب: $1.93 \times 10^{-5} NS/m^2$)

3. 5 سالمات کی بالترتیب اسپیڈ 1.61.61.52 اور 1.2 کیلو میٹر فی سکنڈ ہے تب سالمات کی موسٹ پروبیبل اسپیڈ محسوب کیجیے۔
(جواب: 1.60 km/s)

4.12 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

---

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5th & 6th)
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.

اکائی 5۔ حر حرکیات کے کلیات

(Laws of Thermodynamics)

اکائی کے اجزا

5.0 تمہید

5.1 مقاصد

5.2 حر حرکیات کے کلیات کا تعارف

5.3 حر حرکیات کے پہلے کلیہ کے کچھ اطلاقات

5.4 رجعت پذیر اور غیر رجعت پذیر اعمال

5.5 حل شدہ مثالیں

5.6 اکتسابی نتائج

5.7 کلیدی الفاظ

5.8 نمونہ امتحانی سوالات

5.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

5.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

5.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

5.8.4 غیر حل شدہ سوالات

5.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد

5.0 تمہید(Introduction)

تھر موڈائنا مکس حراری طبیعات کی وہ شاخ ہے جس میں حراری توانائی کو میکانکی توانائی میں تبدیل کرنے یا اس کے برعکس بھی بحث کی جاتی ہے۔اس کے علاوہ حراری توانائی کو برقی کیمیائی، نوری توانائی، میں تبدیل کرنے پر بحث کی جاتی ہے۔ تھر موڈائنا مکس کا عام مطالعہ دو حصوں میں تقسیم کیا جاتا ہے۔ پہلا حصہ توانائی کی مختلف قسموں پر بحث کرتا ہے جو تھر موڈائنامک کے پہلے کلیہ سے متعلق ہیں۔ دوسرا حصہ ان سمتوں کی طرف بحث کرتا ہے جس میں تھر موڈائنامک کے دوسرے کلیہ کی بنیاد پر یہ تبدیلیاں واقع ہوتی ہیں۔

تھر موڈینا مکس کے قوانین سائنسی قوانین کا ایک مجموعہ ہیں جو جسمانی مقداروں کے ایک گروپ کی وضاحت کرتے ہیں، جیسے درجہ حرارت، توانائی، اور اینٹروپی، جو تھر موڈینامک توازن میں تھر موڈینامک نظام کی خصوصیت کرتے ہیں۔

5.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- حر حر کیات کے کلیات کا تعارف کے بارے میں جانیں گے۔
- حر حر کیات کے پہلے کلیہ کے کچھ اطلاقات کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔
- رجعت پذیر اور غیر رجعت پذیر اعمال کے درمیان فرق کریں گے۔

5.2 حر حر کیات کے کلیات کا تعارف(Introduction of Laws of Thermodynamics)

تھر موڈائنا مکس کا عام مطالعہ دو حصوں میں تقسیم کیا جاتا ہے۔ پہلا حصہ توانائی کی مختلف قسموں پر بحث کرتا ہے جو تھر موڈائنامک کے پہلے کلیہ سے متعلق ہیں۔ دوسرا حصہ ان سمتوں کی طرف بحث کرتا ہے جس میں تھر موڈائنامک کے دوسرے کلیہ کی بنیاد پر یہ تبدیلیاں واقع ہوتی ہیں۔

I. نظام اور ماحول(System and Surrounding)

مادے کی ایک معین مقدار جو ایک بند سطح میں گھری ہو نظام کہلاتی ہے۔ مثلاً ایک گیس جو استوانہ میں بھری ہو جس کا پسٹن (فشارہ) متحرک ہو ایکسسٹمکو ظاہر کرتی ہے اور وہ تمام چیزیں جو سسٹم سے باہر ہوں اور سسٹم پر اثر انداز ہوتی ہوں ماحول کہلاتی ہیں۔ ایک نظام اس کی ماحول سے کچھ معین گھیروں سے جدا رہتا ہے۔ ایک نظام جو ماحول سے توانائی اور مادے کی تبدیلی کرتا ہے کھلا نظام کہلاتا ہے دوسری طرف وہ نظام جو ماحول سے صرف توانائی کا تبادلہ کرتا ہے ایک بند نظام کہلاتا ہے۔ ایک نظام جس میں حرارت اور میکانکی کام کا تبادلہ عمل میں نہیں آتا علیحدہ(Isolate)نظام کہلاتا ہے۔ نظام کو کلاں بینی(Macroscopic)اور خورد بینی(Microscopic) خصوصیات کی رقوم میں بیان کیا جاتا ہے۔ کلاں بینی خصوصیات وہ ہیں جو

i. نظام کے مجموعی خصوصیات کو بیان کرتی ہوں۔

ii. جن کا مشاہدہ خواس خمسہ کے ذریعہ راست کیا جاسکتا ہو۔

iii. جن ی راست پیمائش تجربے خانے میں کی جاسکتی ہو۔

iv. کلاں بینی خصوصیات کا نظام کی ساخت پر انحصار نہیں ہوتا۔

v. دباؤ، حجم، تپش، اندرونی توانائی، ناکارگی وغیرہ کلاں بینی خصوصیات کی مثالیں ہیں۔

دوسری طرف خورد بینی خصوصیات وہ ہیں جو

i. سسٹم کی اندرونی ساخت (سالمات اور جوہر) کو بیان کرسکیں۔

ii. تجربہ گاہ میں ان کی راست پیمائش نہ کی جاسکتی ہو۔

iii. جن کا مشاہدہ راست خواص خمسہ سے نہ کیا جاسکتا ہو۔

iv. 4 سالمات کی کمیت، رفتاریں، توانائی، معیار حرکت وغیرہ ایک نظام کی خورد بینی خصوصیات ہیں۔

II. تھرموڈائنامک ایکوی لیبریم (Thermodynamic Equilibrium)

میکانیات میں ایک جسم کی حالت کا بیان کچھ قابل پیمائش مقداروں مثلاً مرکز کمیت، اس کی پوزیشن، رفتار، اسراع وغیرہ میں ہوتا ہے۔ اسی طرح تھرموڈائنامکس میں نظام کی حالت دباؤ، حجم، تپش وغیرہ کی رقوم میں بیان کی جاتی ہیں بشرطیکہ نظام توازن میں ہو۔ دباؤ، حجم، تپش وغیرہ جو نظام کی حالت کو ظاہر کرتے ہیں۔ تھرموڈائنامک متغیرات کہلاتے ہیں اس طرح تھرموڈائنامک نظام وہ ہے جو حرکیاتی متغیرات کی رقوم میں ظاہر کیا جاتا ہے۔ جب حرحرکیاتی متغیر ایک یکساں قیمت حاصل کرلیتے ہیں یعنی وقت سے آزاد رہتے ہیں ہوں تب کہا جاتا ہے کہ نظام تھرموڈائنامک ایکوی لیبریم میں ہے۔ ایک نظام کو تھرموڈائنامک ایکوی لیبریم میں رہنے حسب ذیل شرائط کی تکمیل ضروری ہے۔

i. میکانیکل ایکوی لیبریم: جب ایک نظام اور اس کے ماحول پر غیر متوازی قوتیں عمل نہ کرتی ہوں نظام کو " میکانیکل ایکوی لیبریم" میں کہا جاتا ہے مثلاً ایک V,P اور T نظام میکانیکل ایکوی لیبریم میں ہوتا ہے۔ جب کہ نظام پر عائد کردہ دباؤ ہموار ہو۔

ii. تھرمل ایکوی لیبریم: نظام کے تمام حصوں میں تپش ہموار اور ماحول کے مساوی ہو تب یہ نظام تھرمل ایکوی لیبریم میں ہوگا۔

iii. کیمیائی ایکوی لیبریم: اگر نظام کے تمام کیمیائی اجزاء اور ماحول یکساں ہوں تب کہتے ہیں کہ نظام کیمیائی ایکوی لیبریم میں ہے۔
لہٰذا ایک نظام جب تھرمل، میکانیکل اور کیمیکل ایکوی لیبریم میں ہوگا تب اسے تھرموڈائنامیکل ایکوی لیبریم کہتے ہیں۔

iv. حالت کی مساوات (Equation of State): تھرموڈائنامک حالت کو ہم تھرموڈائنامک محدد کی رقوم میں بیان کرسکتے ہیں یعنی دباؤ حجم اور تپش وغیرہ۔ ان تین متغیرات میں سے دو متغیرات آزاد اور ایک ان کا تفاعل ہے۔ تین میں سے دو متغیرات جو معین (فکسڈ) ہیں تب تیسرا خود بخود فکسڈ رہتا ہے۔ اس طرح ایک نظام کو بیان کرنے کے لئے دو متغیرات ضروری اور کافی ہیں۔

ایک مساوات جو تھر موڈائنامک محددات ملاتی ہو اور تھر موڈائنامک سسٹم کے مکمل برتاؤ کو حالت توازن میں ظاہر کرتی ہو حالت کی مساوات کہلاتی ہے۔ ایک گیس کے لئے جو ایک نظام کو ظاہر کرتی ہیں۔ تین مقداریں، حجم اور تپش ایک دوسرے سے آزاد نہیں بلکہ ذیل کی مساوات سے جڑے ہیں۔

$$f(p, v, t) = 0$$

اسے حالت کی مساوات کہتے ہیں۔

ہر ایک تھر موڈائنامک نظام کی ایک الگ مساوات ہوتی ہے مثلاً ایک گیس جو ایک گرام مول پر مشتمل ہو کم دباؤ پر اس کی حالت کی مساوات ہوگی۔

$$PV = RT$$

جہاں R= آفاقی گیس مستقل اور V سالمی حجم ہے۔

بلند تپش پر حالت کی مساوات ذیل کی شکل اختیار کرلیتی ہے۔

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

جہاں a اور b ونڈر وال کے مستقل ہیں۔

حر حرکیات کا صفری کلیہ (Zeroth Law of Thermodynamics)

جب دو اجسام A اور B آزادانہ طور پر ایک تیسرے جسم C سے حراری توازن میں ہوں گے تب A اور B بھی ایک دوسرے سے تھرمل ایکوی لیبریم میں ہوں گے۔ یہ حر حرکیات کا صفری کلیہ کہلاتا ہے۔ یہ کلیہ ہماری نشاندہی تپش کی طرف کرتا ہے۔ تپش ایک جسم کی سرد یا گرم کیفیت کو ظاہر کرتی ہے۔

حراری توازن (Thermal Equilibrium)

جب ایک جسم کی تمام خصوصیات تبدیل نہیں ہوتیں تب جسم کی حالت بھی تبدیل نہیں ہوتی اس کے برعکس اگر جسم کی کوئی ایک خاصیت بھی بدل جائے تب کہا جاتا ہے کہ جسم کی حالت بدل گئی ایک جسم پر بیرونی کام کرکے اس کی حالت بدلی جاسکتی ہے جب کبھی دو اجسام کے درمیان حرارت کا تبادلہ نہ ہو تب یہ دونوں تھرمل ایکوی لیبریم میں ہوں گے۔

تپش کا تصور (Concept of Temperature)

تمام اجسام کی تھرمل ایکوی لیبریم میں ایک مشترکہ خاصیت ہوتی ہے جس کی قیمت ہر ایک کے لیے مساوی ہوتی ہے۔ یہ خاصیت تپش کہلاتی ہے لہٰذا تپش ایک طبعی خاصیت ہے جو یہ بتلاتی ہیں کہ ایک نظام دوسرے نظام کے ساتھ تھرمل ایکوی لیبریم میں ہے یا نہیں؟ اگر دو اجسام یا دو نظام تھرمل ایکوی لیبریم میں ہوں گے تب ان کی تپش مساوی ہوگی۔ اگر مختلف اجسام کی تپش مختلف ہو تو یہ تھرمل ایکوی

لیبریم میں نہیں ہوگے۔ لہٰذا ایک جسم کی تپش کو ہم اس طرح بھی بیان کرسکتے ہیں کہ یہ "وہ خاصیت ہے کہ اگر دو اجسام طویل وقت تک حالت تماس میں ہوں تب ایک جسم جو قیمت حاصل کرتا ہے دوسرا جسم بھی وہی قیمت حاصل کریں گے۔

حرارت اور کام(Heat and Work)

حرارت توانائی کی ایک شکل ہے جو ایک جسم سے دوسرے جسم کو ان کی تپش کے فرق کی وجہ سے منتقل ہوتی ہے۔

کام: جب کوئی قوت ایک نظام پر عمل کرکے اس میں ڈسپلیسمنٹ پیدا کرتی ہے تو کہا جاتا ہے کہ کام انجام دیا گیا۔ اگر ایک نظام اپنے ماحول پر قوت عائد کرے اور ڈس پلیسمنٹ پیدا کرے تب سسٹم کا انجام دیا ہوا کام بیرونی کام ہوگا۔ لہٰذا نظام کا انجام دیا ہوا کام مثبت اور نظام پر انجام دیا ہوا کام منفی ہوگا۔

جب نظام کا ایک حصہ نظام کے دوسرے حصہ پر کام انجام دیتا ہے تب یہ اندرونی کام کہلاتا ہے ہم جانتے ہیں کہ گیسوں میں بین سالمی کشش پائی جاتی ہے جب گیس پھیلتی ہے۔ تب سالمات کی قوت کشش کے درمیان کام انجام دیا جاتا ہے اس لیے پھیلاؤ کے دوران گیس کا سالمات کی قوت کشش کے خلاف انجام دیا ہوا کام اندرونی کام کہلاتا ہے۔

بیرونی کام ایک کلاس بنی تصور ہے جو نظام اور ماحول کے درمیان تال میل رکھتا ہے۔ تھرموڈائنامکس میں بیرونی کام کی اہمیت ہے جب کہ اندرونی کام کی کوئی اہمیت نہیں۔

حرارت اور کام میں برابری(Equivalance of Heat and Work)

ہم تجرباتی طور پر جانتے ہیں کہ حرارت توانائی کی ایک شکل ہے۔ ہمیں معلوم ہے کہ ایک ڈورتی ہوئی کار پر بریک عائد کیا جائے تو بریک کا ڈرم(Drum) گرم ہوجاتا ہے۔ سائیکل کے ٹائر میں جب ہوا بھر جاتی ہے تو پمپ گرم ہوجاتا ہے۔ ماچیس کی ایک تیلی رگڑی جاتی ہے تو گرم ہوکر جلتی ہے۔ ان تمام صورتوں میں رگڑ سے ہمیشہ حرارت پیدا ہوتی ہے۔ اس سے ثابت ہوتا ہے کہ میکانکی توانائی(کام) ناپید (Disapear)ہوکر حرارت پیدا کرتی ہے۔ اس طرح حرارت اور کام آپسی طور پر برابر ہیں۔

ایک نظام کی اندرونی توانائی(Internal Energy of a System)

ہر ایک تھرموڈائنامک نظام اپنے اندر توانائی کی ایک فکسڈ مقدار رکھتا ہے۔ مثال کے طور پر

i. ہائیڈروجن اور آکسیجن کا آمیزہ دھماکے پر میکانکی توانائی فراہم کرتا ہے۔

ii. جست اور تانبہ دانیال خانے(Daniel Cell) میں تعامل کرکے برقی توانائی فراہم کرتے ہیں۔

iii. ایک مائع ٹھوس میں منجمد ہوکر حراری توانائی فراہم کرتا ہے۔

ایک نظام میں ذخیرہ شدہ توانائی جو بظاہر نظر نہیں آتی نظام کی اندرونی توانائی کہلاتی ہے۔

گیسوں کے نظریہ تحرک کی بنا پر ایک گیس لا تعداد سالمات پر مشتمل ہوتی ہے جو ہر وقت تیز رفتار بے ترتیب حرکت میں رہتے ہیں جس کی وجہ سے ان میں کائنیٹک انرجی پائی جاتی ہے۔ سالمات کی کل کائی نیٹک انرجی اندرونی کائی نیٹک انرجی کہلاتی ہے۔ اسی طرح سالمات میں بین سالمی کشش کی وجہ سے ان میں اندرونی پوٹنشیل انرجی پائی جاتی ہے۔ ان دونوں توانائیوں کا مجموعہ نظام کی اندرونی توانائی کہلاتا ہے۔ ایک سسٹم کی کائی نیٹک یا پوٹنشل انرجی سے اندرونی توانائی کا کوئی تعلق نہیں۔ سالمات کی رفتار سے اضافہ میں اندرونی توانائی میں اضافہ ہوتا ہے۔ اس طرح "اندرونی توانائی سے مراد نظام کی وہ توانائی ہے جو سالمات کی ترکیب اور پوزیشن سے حاصل ہوتی ہے۔

اب ہم اندرونی توانائی کا کلاں بینی زاویہ سے مشاہدہ کریں گے۔ ایک علاحدہ تھرموڈائنامک نظام پر غور کیجئے جس پر بیرونی قوت عائد کی گئی تب نظام کو ابتدائی حالت i سے انتہائی f تک ایڈیا بیٹک طریقے سے پہونچنے کے دوران نظام پر انجام دیا ہوا کام W ہے۔ فرض کیجئے کہ ابتدائی حالت اور انتہائی حالت کی اندرونی توانائیاں بالترتیب U_i اور U_f ہیں تب کلیہ بقائے توانائی عائد کرنے پر۔

$$U_f - U_i = -W$$

جہاں منفی علامت یہ ظاہر کرتی ہے کہ سسٹم پر کام انجام دیا گیا۔ تب فرق $(U_f - U_i)$ کی طبیعی تشریح نظام میں توانائی کے اضافہ کو ظاہر کرتی ہے۔ اس طرح ان توانائیوں کا فرق U ایک توانائی کا تفاعل ہے جو عین مساوی ہے حالت i سے حالت f تک پہونچنے کے دوران انجام دیے ہوئے کام کے۔ تفاعل U انٹرنل انرجی فنکشن کہلاتا ہے۔ اس کا انحصار منتخب کیے ہوئے راستے پر نہیں ہوتا لہٰذا ایک نظام سائیکلک راستہ اختیار کرتے ہوئے اپنی اصلی حالت پر واپس آتا ہے تو اس کی اندرونی توانائی میں کوئی تبدیلی نہیں ہوتی۔

حرحرکیات کا پہلا کلیہ (First Law of Thermodynamics)

فرض کیجئے ایک نظام کو dQ حرارت کی مقدار مہیا کی گئی جس سے نظام کی اندرونی توانائی میں dU اضافہ ہوتا ہے اور نظام dW بیرونی کام انجام دیتا ہے تب تھرموڈائنامک کے پہلے کلیہ کے مطابق:

$$dQ = dU + dW \text{--------}(5.1)$$

یہ حرحرکیاتی کا پہلا کلیہ ہے یہ کلیہ توانائی کی بقا کا عمومی کلیہ ہے۔

مساوات (5.1) تھرموڈائنامک کے پہلے کلیہ کی ریاضی شکل ہے۔ اسے اسطرح بھی بیان کیا جاسکتا ہے کہ تمام تبدیلیوں میں فراہم کردہ حرارتی توانائی بیرونی کام جمع اندرونی توانائی میں اضافہ سے توازن (Balance) کی جاتی ہے۔

اگر ایک سسٹم کو dQ کی مقدار پہونچائی گئی جس سے سسٹم کی اندرونی توانائی میں dU اضافہ ہوتا ہے اور سسٹم dW بیرونی کام انجام دیتا ہے تب تھرموڈائنامک کے پہلے کلیہ کے مطابق

$$dQ = dU + dW$$

جہاں تمام مقداریں جول میں ظاہر کی جاتی ہے۔ انٹرنل انرجی میں اضافہ مثبت اور کمی منفی مانی جاتی ہے جذب کردہ حرارت مثبت اور مسترد کردہ حرارت منفی کی جاتی ہے۔

5.3 حرحرکیات کے پہلے کلیے کے کچھ اطلاقات

(Some Applications of First Law of Thermodynamic)

1. ہم تپشی (آئی سوتھرمل) طریقہ

ایک تھرموڈائنامک سسٹم میں اس طرح تبدیلی واقع ہو کہ اس کی تپش مستقل رہتی ہو آئسوتھرمل طریقہ کہلاتا ہے۔اس طریقہ میں سسٹم کی سنٹرنل انرجی مستقل رہتی ہے۔ لہٰذا $dU = 0$ ہوتا ہے تب آئسو تھرمل طریقہ میں تھور موڈائنامک کا کلیہ ہو گا $dQ = dw$ بائیل کا کلیہ اس کی ایک مثال ہے۔اس طریقہ میں مساوات ایک مستقل $= PV$ کی پابندی ہوتی ہے۔

2. حرناگزار (ایڈیابیٹک) طریقہ (Adiabatic Process)

ایک تھرموڈائنامک نظام میں اس طرح تبدیلی واقع ہو کہ نظام اور ماحول کے درمیان حرارت کا تبادلہ نہ ہو یعنی نظام کی حرارت مستقل ہو ایڈیابیٹک طریقہ کہلاتا ہے۔ یہ ایک فوری واقع ہونے والا طریقہ ہے۔ اس عمل کے دوران مساوات ایک مستقل $= PV^r$ کی پابندی ہوتی ہے جہاں $\frac{C_p}{C_v} = r$ ایک گیس کے حرارت مخفیوں کے درمیان نسبت۔ ایڈیابیٹک طریقہ میں $dQ = 0$ لہٰذا ایڈیابیٹک طریقہ میں تھرموڈائنامک کا پہلا کلیہ ہو گا۔

$$dU = -dW$$

3. ہم خط طریقہ (آئی سوبارک طریقہ) (Isobaric Process)

ایک ایسا عمل جس کے دوران نظام کا دباؤ مستقل رہتا ہے۔ آئسوبارک طریقہ کہلاتا ہے۔اس طریقہ میں حاصل کی گئی حرارت dQ کا استعمال جزوی طور پر تپش میں اضافہ dT اور جزوی طور پر بیرونی کام انجام دینے کے لیے ہوتا ہے۔ لہٰذا تھرموڈائنامک کا پہلا کلیہ ہو گا۔

$$dQ = CpdT + pdV$$

4. ہم حجمی طریقہ (آئسوکورک طریقہ) (Isochoric Process)

ایک ایسا طریقہ جس میں نظام کا حجم مستقل رہتا ہو آئسوکورک طریقہ کہلاتا ہے۔ایسے طریقے میں انجام دیا ہوا کام صفر ہوتا ہے۔

$(dW = PdV = 0)$ لہٰذا آئسوکورک طریقہ میں پہلا کلیہ ہو گا $dQ = dU$

5. دوری طریقہ (سائیکل طریقہ) (A Cycle of Processes)

اگر ایک نظام کو ابتدائی حالت سے انتہائی حالت تک ایک یا زائد طریقوں سے لے جایا جائے اور پھر ابتدائی حالت پر ایک سے زائد طریقوں سے اس طرح واپس لایا جائے کہ اندرونی توانائی میں اصل تبدیلی صفر ہو $(dU = 0)$ اسے سائیکلک طریقہ کہتے ہیں اس

لیے تھرموڈائنامکس کا پہلا کلیہ ہو گا۔$dQ - dw$ اس مکمل سائیکل میں نظام سے حاصل کردہ یا نظام کو دی گئی حرارت مساوی ہوتی ہے۔ نظام پر یا نظام کے کیے ہوئے کام کے۔

6. آزادانہ پھیلاؤ (Free Expansion)

یہ ایک ایڈیا بیٹک عمل ہے جس میں نظام یا نظام سے کوئی کام انجام نہیں دیا جاتا۔ دو برتن تصور کیجئے جو حراری حاجز (اسبسطاس) سے ڈھانکے ہوئے ہیں۔ ایک برتن گیس سے بھرا ہے دوسرا خالی ہے دونوں ایک دوسرے ٹونٹی کے ذریعے جڑے ہوئے ہیں اگر اچانک ٹونٹی کھول دی جائے تو گیس خالی برتن میں داخل ہو کر آزادانہ پھیلے گی چونکہ یہ ایڈیا بیٹک عمل ہے اور نظام تھرمل انسولیشن میں ہے اس لیے حرارت مستقل رہے گی یعنی $dQ = 0$ اور چونکہ برتن کی دیواریں استوار ہیں اس لیے کوئی بیرونی کام نہیں ہو گا تب تھرموڈائنامک کے پہلے کلیہ کے مطابق $dU = 0$ اگر U_i اور U_f گیس کی ابتدائی اور انتہائی اندرونی توانائی کو ظاہر کرتے ہیں تب $\mathrm{U_f - U_i = 0}$ یا $U_f = U_i$ (آزادانہ پھیلاؤ) لہٰذا آزادانہ پھیلاؤ میں ابتدائی اور انتہائی اندرونی توانائی مساوی ہوتی ہیں۔

7. ایک کامل گیس کی تپش دباؤ اور حجم میں ایڈیا بیٹک رشتہ

(Adiabatic Relation between Pressure, Volume & Temperature of an Ideal Gas)

فرض کیجئے کہ ایک کامل گیس کا دباؤ P حجم V اور تپش T ہے جسے ایک کامل حاجز استوانہ میں جس کو سٹن لگا ہو بھر دیا گیا مان لیجئے کہ گیس میں ایک معمولی ایڈیا بیٹک تبدیل ہوتی ہے تب اس کی انٹرنل انرجی کے انجام دیے ہوئے کام کی وجہ سے تپش میں گراوٹ آتی ہے۔ اگر حجم میں معمولی تبدیلی dV اور دباؤ P ہو تب پھیلاؤ کے دوران انجام دیا ہوا کام ہوا گا۔

$$dW = PdV \qquad \text{-------}(5.2)$$

گیس کی اندرونی توانائی میں کمی مساوتی ہوتی ہے مستقل حجم پر اس کی حرارت نوعی اور تپش میں گراوٹ dT کے حاصل ضرب کے۔

$$dU = CvdT \qquad \text{-------}(5.3)$$

تھرموڈائنامک کے پہلے کے مطاق:

$$dQ = dU + dW$$

چونکہ ایڈیا بیٹک عمل میں $dQ = 0$

لہٰذا $O = dU + dW$

مساوات (5.2) اور (5.3) کی قیمتیں درج کرنے پر

$$CvdT + pdV = 0 \qquad \text{-------}(5.4)$$

کامل گیس کے ایک مول کے لیے $PV = RT$

یا $P = \frac{RT}{V}$

$$CvdT = -dV\frac{RT}{V}$$

(5.5)------یا $Cv\frac{dT}{T} = -R\frac{dV}{V}$ طرفین کا تکمیلہ لینے پر

$$Cv\int_{r_1}^{r_2}\frac{dT}{T} = -R\int_{v_1}^{v_2}\frac{dV}{V}$$

$$Cv\log_e\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = -R\ \log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$\because C_p - C_v = R$$

لہذا $Cv\log_e\frac{T_2}{T_1} = (Cp - Cv)\ \log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

$\frac{Cp}{Cv} = r$ یا $Cp = rCv$ لہذا

$$Cv\log_e\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = (rCv - Cv)\ \log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$\log_e\frac{T_2}{T_1} = (r-1)\ \log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

(5.6)-------- $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{r-1}$

$$T_1V_1^{p-1} = T_2V_2^{r-1}$$

(5.7)---------- یا $TV^{(r-1)} =$ ایک مستقل

مساوات (5.6) سے T کو خارج کرنے پر

$$\frac{P_2V_2}{P_1V_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{(r-1)}$$

$$\left(\because \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}\right)$$

لہذا $\left(\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2V_2}{P_1V_1}\right)$

مساوات (5.7) سے V کو خارج کرنے پر

$$PV = RT$$

$$V = \frac{RT}{P}$$

ایک مستقل $P\left(\frac{RT}{P}\right)^r = K$

ایک مستقل $P^{1-r}T^{r}R = K$

یا ایک مستقل $P^{1-r}T^{r} =$

5.4 رجعت پذیر اور غیر رجعت پذیر اعمال (Reversible and Irreversible Processes)

"ایک ایسا حر حرکیاتی عمل جس کو اس طرح واپس لوٹایا جاسکے کہ جو بھی تبدیلیاں راست طریقے میں ہوتی ہیں وہی تبدیلیاں معکوس طریقے میں بھی واقع ہو، ریور سیبل طریقہ کہلاتا ہے۔ راست طریقے میں جتنی حرارت جذب ہوتی ہوا تنی ہی حرارت معکوس طریقے میں خارج ہونی چاہئے۔ اگر راست طریقے میں کسی کارکن شے (Working Substance) پر کام کیا جائے تو معکوس طریقے میں کارکن شئے بھی اتنا ہی کام انجام دے۔ ریور سیبل عمل کے لیے حسب ذیل شرائط ہیں:

1. اس عمل کے دوران ضائع کنندہ قوتیں مثلاً رگڑ، وسکاسٹی، برقی مزاحمت وغیرہ غیر موجود رہنا چاہئے۔
2. راست اور معکوس امعال لامتناہی طور پر سست (Slow) انجام دیے جائیں۔
3. نظام اور ماحول کی تپش ایک ہی ہو۔

مثالیں:

i. تمام آئسو تھرمل اور ایڈیا بیٹک اعمال ریور سیبل ہیں جب کہ سست روی سے انجام دیئے جائیں۔

ii. برف جب حرارت کی کچھ مقدار جذب کرتا ہے پگھل جاتا ہے اگر اسی پانی سے حرارت کی اتنی ہی مقدار خارج کی جائے تو یہ برف بن جاتا ہے۔

iii. ایک اسپرنگ میں نہایت ہی آہستہ آسی لیشن جس سے اس کے طول میں یازیادتی نہ ہو۔

iv. ایک کامل لچکدار بال کچھ بلندی سے ایک کامل لچکدار افقی سطح پر گرتا ہے تو اتنی ہی بلندی تک بلند ہوتا ہے جہاں سے یہ گرا تھا۔

v. بہت ہی سست روی سے تکثیف یا بخارات بننے کا عمل

یہاں یہ نکتہ یاد رکھنے کے قابل ہے کہ ریور سیبل عمل کے لیے اوپر بیان کی گئیں شرائط مثالی تصور ہے اور حقیقت میں ان شرائط کو پورا کرنا ممکن ہے۔ ریور سیبل عمل صرف ایک خیالی تصور ہے جسے عملی طور پر حاصل کرنا ممکن نہیں کیونکہ اصل طریقہ میں رگڑ "ایصالیت اور اشعاع کی وجہ سے نقصان حرارت ہوتا ہے۔

غیر رجعت پذیر عمل (Irreversible Process):

ہر وہ طریقہ جو ریور سیبل نہ ہو اور ریور سیبل طریقہ کہلاتا ہے۔

قدرت میں تمام اعمال جیسے ایصالیت، اشعاع، تابکاری، تنزل وغیرہ اور ریور سیبل اعمال ہیں۔ تمام تجرباتی طریقے جیسے گیس کا آزادانہ پھیلاؤ، جول تھامسن پھیلاؤ، ایک برقی تار کا جلنا وغیرہ ارریور سیبل اعمال ہیں:

i. ایک اسپرنگ کو اچانک تیزی سے کھینچا جائے تو اس میں ارتعاشات پیدا ہوتے ہیں۔ جس کی وجہ سے توانائی کا کچھ حصہ ضائع ہو جاتا ہے یہ اررریور سیبل عمل کی ایک مثال ہے۔

ii. فوری پھیلاؤ، پچکاؤ، فوری بخارات کا بننا، یا عمل تکثیف وغیرہ اررریور سیبل عمل کی مثال ہے۔

iii. جول تھامسن کا اثر ایک اررور سیبل عمل ہے کیونکہ گیس کے بہاؤ کی سمت بدل دیں تب، اسی مقدار میں حراری تبریدی (Cooling) اثر نہیں ہوتا۔

iv. ایک مزاحمت سے برقی رو گزارنے پر حرارت پیدا ہونے کا اثر اررریور سیبل ہوتا ہے۔

v. دو اجسام کے درمیان تپش کے فرق کی وجہ سے حرارت کا تبادلہ ایک اررریور سیبل عمل ہے۔

5.5 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

ایک ریور سیبل انجن کی استعداد معلوم کیجئے جو تپش $72^o C$ اور $187^0 C$ کے درمیان کام کر رہا ہو۔

حل: ایک ریور سیبل انجن کی استعداد

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$T_1 = 273 + 187 = 460K$$

$$T_2 = 273 + 72 = 345K$$

$$\eta = 1 - \frac{345}{460} = \frac{460-345}{460}$$

$$\eta = \frac{115}{460} = \frac{1}{4} = 0.25 = 25\%$$

5.6 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- حرارت اور کام، نظام کو توانائی منتقل کرنے کے دو طریقے ہیں۔
- نظام اور ماحول میں تپش کے فرق کی وجہ سے توانائی کی منتقلی حرارت کہلاتی ہے۔
- حرارت کی وہ منتقلی جیسے ایک استوانے کے پسٹن کو حرکت دینا، یا اس سے منسلک وزن کو اوپر اٹھانا یا نیچے گرانا کام ہے۔
- میکانکی توانائی (کام) ناپید ہو کر حرارت پیدا کرتی ہے اس طرح حرات اور کام یکساں ہیں۔

- نظام کا انجام دیا ہوا کام مثبت اور نظام پر انجام دیا ہوا کام منفی ہو گا۔
- ایک حر حرکیاتی طریقہ جس کو اس طرح واپس لوٹا یا جائے کہ راست طریقے میں جو بھی تبدیلیاں ہوں معکوس طریقہ میں وہ تبدیلیاں واقع ہوں رجعت پذیر عمل کہلاتا ہے۔
- ایک ایسا عمل جو رجعت پذیر نہ ہوں، غیر رجعت پذیر عمل کہلاتا ہے۔ تمام قدرتی اعمال غیر رجعت پذیر ہیں جیسے ایصالیت، اشعاع، تابکاری تنزل، جول تھامسن پھیلاؤ وغیرہ۔

5.7 کلیدی الفاظ (Keywords)

- نظام: وہ طبیعی جز جس پر توجہ مرکوز ہو۔
- ماحول: نظام کے ماسوا باقی کائنات
- حر حرکیاتی عمل: ایک ایسا عمل جس میں حراری توانائی میکانکی توانائی (کام) میں تبدیل کی جاتی ہے۔
- حر حرکیاتی نظام: ایک نظام جس میں اوپر بیان کردہ تبدیلی عمل میں آتی ہے۔
- حر حرکیاتی متغیرات یا محدد: طبیعی مقداریں جو ایک نظام کی حر حرکیاتی حالت کو بیان کرتی ہیں۔

5.8 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

5.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. ایک کامل گیس کے لیے (1) دباؤ اور حجم (2) تپش اور حجم میں ایڈیا بیٹک رشتہ لکھیے۔
2. حراری انجن کیا ہے؟ اس کے اجزاء کے نام لکھیے۔
3. ایک آئیسو تھرمل عمل میں کامل گیس کو مہیا کی گئی توانائی استعمال ہوتی ہے۔

(a) تپش میں اضافہ کے لئے   (b) بیرونی کام انجام دینے کے لیے

(c) تپش میں اضافہ اور بیرونی کام کے لیے   (d) اندرونی توانائی میں استعمال کے لیے

4. ایک ایڈیا بیٹک عمل میں کون سی طبیعی مقدار مستقل رہتی ہے۔

(a) تپش   (b) حرارت

(c) حجم   (d) دباؤ

5. ایک تھرموڈائنامک عمل میں تپش مستقل رہتی ہے یہ عمل ہے۔

(a) آئیسو تھرمل   (b) ایڈیا بیٹک

(c) آئیسو کورک   (d) آئیسو بارک

6. ایڈیا بیٹک عمل میں تھرموڈ ئنامک کا پہلے کلیہ کی مساوات ہو گی۔

$dQ - dw\ (a)$ $\qquad$ $dQ = -dw\ (b)$

$dU = -dw\ (c)$ $\qquad$ $dU - dW\ (d)$

7. تھرموڈائنامک کا کون سا کلیہ ایک نظام میں تپش کے مساوی ہونے کے رجحان کی وکالت کرتا ہے۔

(a)صفری کلیہ $\qquad$ (b)پہلا کلیہ

(c)دوسرا کلیہ $\qquad$ (d)تیسرا کلیہ

8. حرارت ازخود ایک سرد جسم سے گرم جسم کو منتقل نہیں ہوسکتی یہ بیان ہے۔

(a)کیلون کا $\qquad$ (b)کلاسیس کا

(c)میکس ویل کا $\qquad$ (d)بولٹز من کا

9. ایک گیس کے پھیلاؤ یا پچکاؤ کی مساوات $= PV^n$ ہے اگر $n = 1$ ہو تب یہ تبدیلی ہو گی۔

(a)ایڈیا بیٹک $\qquad$ (b)آئیسوبارک

(c)آئیسوکورک $\qquad$ (d)آئیسوتھرمل

10. کون سی مساوات کلاسیس تھیورم کو ظاہر کرتی ہے۔

$\oint \frac{dQ}{T} = 0\ (a)$ $\qquad$ $\int \frac{d\emptyset}{T} \neq 0\ (b)$

$\oint \frac{dQ}{T} > 0\ (c)$ $\qquad$ $\int \frac{dQ}{T} < 0\ (d)$

5.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. تھرموڈائنامک کے صفری اور پہلے کلیہ کو بیان کیجیے۔
2. آئیسوتھرمل اور ایڈیا بیٹک اعمال میں فرق واضح کیجیے۔
3. نظام اور ماحول اور تھرمل ایکوی لیبریم کی وضاحت کیجیے۔
4. ایک نظام کی اندرونی توانائی سے کیا مراد ہے؟
5. ریورسیبل اور ارریورسیبل اعمال کیا ہیں؟ مثالیں دیجیے۔

5.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. آئیسوتھرمل اور ایڈیا بیٹک تبدیلیاں کیا ہیں؟ ایک کامل گیس کے لیے دباؤ حجم اور تپش کے درمیان ایڈیا بیٹک رشتہ اخذ کیجیے۔
2. ریورسیبل اور ارریورسیبل اعمال میں فرق واضح کیجیے۔ ریورسیبلیٹی کے لیے طبعی شرائط بیان کیجیے۔ کیا ریورسیبلیٹی حقیقت میں خاص کی جاسکتی ہے۔

5.8.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. ایک ریور سیبل انجن منبع سے 527^0 تپش پر حرارت حاصل کرتا ہے اور سنک کو 127^oC پر مسترد کرتا ہے اگر انجن کی طاقت $750w$ ہو تو منبع سے حاصل کردہ حرارت کی مقدار معلوم کرو۔ (جواب: 150^oJ)
2. ایک کارنوٹ انجن کی استعداد ٪25 ہے سنک کی تپش ٪50 گھٹانے پر اس کی استعداد ٪50 ہو جاتی ہے تب منبع اور سنک کی تپش محسوب کیجئے۔

5.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

---

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th}& 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 6۔ کارنوٹ دور (سائیکل)

(Carnots Cycle)

اکائی کے اجزا

6.0 تمہید

6.1 مقاصد

6.2 کارنوٹ دور (سائیکل)

6.3 کارنوٹ انجن کی استعداد

6.4 کارنوٹ انجن کی رجعت پذیری

6.5 کارنوٹ تھیورم

6.6 ایک ریفریجریٹر کی شرح استعداد

6.7 حل شدہ مثالیں

6.8 اکتسابی نتائج

6.9 کلیدی الفاظ

6.10 نمونہ امتحانی سوالات

6.10.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

6.10.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

6.10.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

6.10.4 غیر حل شدہ سوالات

6.11 تجویز کردہ اکتسابی مواد

6.0 تمہید(Introduction)

کارنوٹ سائیکل ایک مثالی تھرموڈینامک سائیکل ہے جسے فرانسیسی ماہر طبیعیات سادی کارنوٹ نے 1824 میں تجویز کیا تھا اور 1830 اور 1840 کی دہائیوں میں دوسروں کے ذریعہ اس کی توسیع کی گئی تھی۔ کارنوٹ کے نظریہ کے مطابق، یہ کسی بھی کلاسیکی تھرموڈینامک انجن کی کارکردگی کو کام میں حرارت کی تبدیلی کے دوران، یا اس کے برعکس، نظام پر کام کے اطلاق کے ذریعے درجہ حرارت میں فرق پیدا کرنے میں ریفریجریشن سسٹم کی کارکردگی پر ایک بالائی حد فراہم کرتا ہے۔

کارنوٹ سائیکل، حرارت کے انجنوں میں، ایک سیال کے دباؤ اور درجہ حرارت کی تبدیلیوں کی مثالی چکراتی ترتیب، جیسے انجن میں استعمال ہونے والی گیس، جس کا تصور 19ویں صدی کے اوائل میں فرانسیسی انجینئر ساڈی کارنوٹ نے کیا تھا۔ یہ اعلی اور کم درجہ حرارت کے درمیان کام کرنے والے تمام ہیٹ انجنوں کی کارکردگی کے معیار کے طور پر استعمال ہوتا ہے۔

6.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- کارنوٹ دور (سائیکل) اشیاء کے بارے میں جانیں گے۔
- کارنوٹ انجن کی استعداد کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔
- کارنوٹ انجمن کی رجعت پذیری کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔
- کارنوٹ تھیورم کی تعریف کرینگے۔
- ایک ریفریجریٹر کی شرح استعداد کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔

6.2 کارنوٹ دور(Carnots Cycle)

کارنوٹ انجن: ایک حراری انجن ایسا آلہ ہے جو حراری توانائی کو میکانکی توانائی (کام) میں بدلتا ہے۔ سال 1824ء میں فرانسیسی انجینئر نے نظریاتی طور پر ایک ایسا انجن کا تصور پیشکیا جو ایک حقیقی انجن میں موجود تمام نقائص سے پاک ہو۔ یہ انجن محض ایک نظریہ ہے جس کا حقیقت میں کوئی وجود نہیں لیکن اسے ایک حقیقی انجن کے مقابل معیاری انجن تصور کیا جاتا ہے۔

شکل)(6.1 میں کارنوٹ کے انجن دکھایا گیا ہے۔

کارنوٹ انجن حسب ذیل اجزاء پر مشتمل ہوتا ہے۔

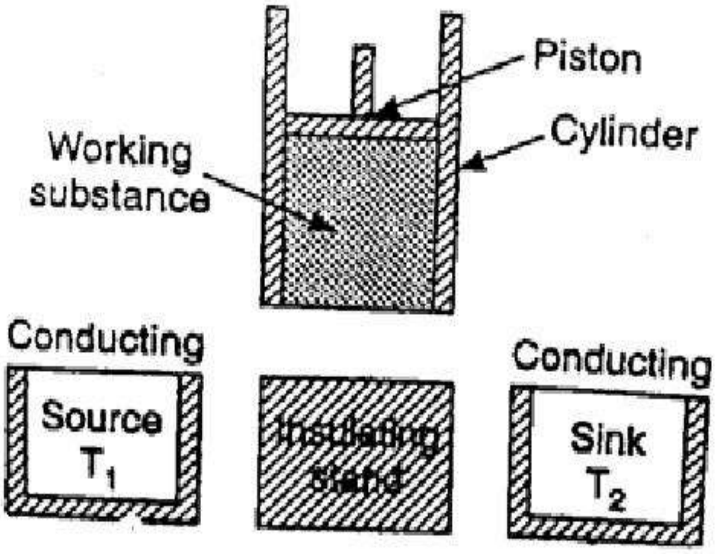
1. کارکن شئے(Working Substance):

کارکن شئے ایک کامل گیس پر مشتمل ہوتی ہے۔ جسے ایک استوانہ، پسٹن ترتیب میں بھرا جاتا ہے۔ استوانہ کی دیواریں کامل طور رپ حرنا گذار(Non-conducting) اور اس کا قاعدہ کامل قابل ایصالیت جس میں بغیر رگڑ کا غیر موصل پسٹن جڑا ہوتا ہے۔

2. **منبع حرارت(Source of Heat):**

ایک بلند تپش کا جسم جس کی حراری گنجائش زیادہ ہو اور جو بلند تپش T_1 پر ایک منبع کی مانند کام کرتا ہو۔ جسم کی حراری گنجائش کا زیادہ ہونا ضروری ہے کیونکہ اگر اس سے حرارت حاصل کی جائے تو اس کی تپش میں کوئی تبدیلی نہ ہو۔

کارنوٹ انجن محض ایک نظریہ ہے جس کا حقیقت میں کوئی وجود نہیں لیکن اسے ایک حقیقی انجن کے مقابل معیاری انجن تصور کیا جاسکتا ہے۔ اس کے اہم اجزائی کارکن شئے منبع غرقہ اور حاجز اسٹانڈ ہیں۔



شکل(6.1)

3. **غرقہ (سنک)(The sink):**

ایک سرد جسم جو کم تپش T_2 پر ایک غرقہ کی طرح کام کرتا ہے۔ عام طور پر اطراف کا ماحول سنک کی طرح کام کرتا ہے۔

4. **حاجز اسٹانڈ(Insulating Stand)**

تمام سسٹم کو کامل بنانے کے لیے ایک غیر موصل اسٹانڈ استوانے کے قاعدے پر رکھا جاتا ہے۔

کارنوٹ سائیکل:

کارنوٹ سائیکل میں کارکن شئے کو حسب ذیل دوری عمل سے گزارا جاتا ہے جو چار اجزاء پر مشتمل ہوتا ہے۔

a. آئسو تھرمل پھیلاؤ

b. ایڈیا بیٹک پھیلاؤ

c. آئی سو تھرمل پچکاؤ(Compression)اور

d. ایڈیا بیٹک پچکاؤ

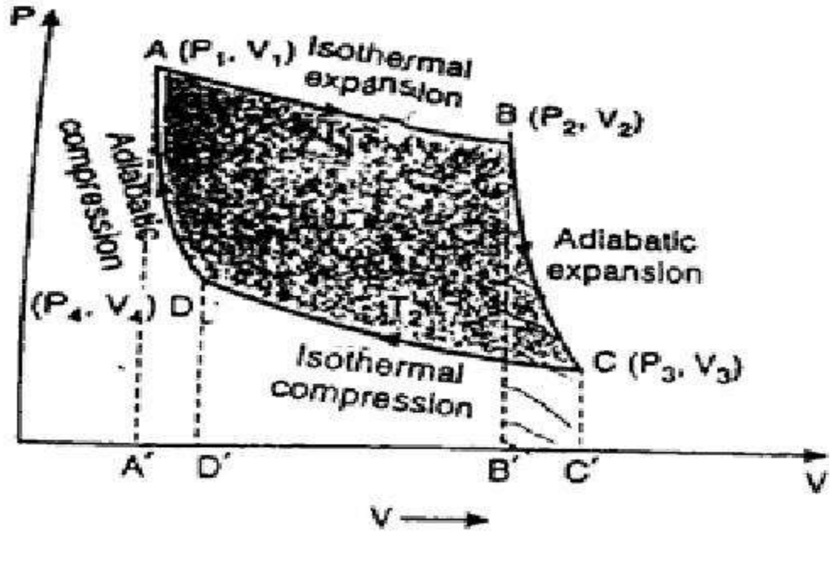
a. آئی سوتھرمل پھیلاؤ (Isothermal Expansion)

فرض کیجئے کہ سلنڈر میں 1 گرام مول گیس لی گئی۔ گیس کی ابتدائی حالت کو شکل (6.2) میں A سے ظاہر کیا گیا ہے جہاں اس کا دباؤ P_1 , V_1 اور تپش T_1 ہے۔ استوانہ کو منبع پر رکھ کر پسٹن کو آہستگی سے حرکت دی جاتی ہے تاکہ گیس میں آئسوتھرمل پھیلاؤ واقع ہو اس دوران کارکن شئے کی تپش مستقل رہتی ہے۔ اس عمل کے دوران گیس کے دباؤ میں گراوٹ آتی ہے اور حجم میں اضافہ ہوتا ہے یہاں یہ بات قابل ذکر ہے کہ منبع (Source) سے حرارت کی فراہمی تپش کی گراوٹ کی تلافی کرتی ہے۔ گیس کی انتہائی حالت کو نقطہ B سے ظاہر کیا گیا اس طرح گیس کے آئسوتھرمل پھیلاؤ کو شکل (6.2) میں منحنی AB سے ظاہر کیا گیا۔

مان لیجئے کہ اس عمل میں منبع سے جذب کردہ حرارت کی مقدار Q_1 ہے۔ یہ مساوی ہے پھیلاؤ کہ دوران حالت (P_1, V_1) سے حالت (P_2, V_2) کے پھیلاؤ کے دوران انجام دیے ہوئے کام W_1 کے

$$Q_1 = W_1 = \int_{V_1}^{V_2} pdV = \int_{V_1}^{V_2} RT_1 \frac{dV}{V}$$

$$ABB'A'A \text{ کے رقبے کے } = RT_1 \log_e \frac{V_1}{V_2} \qquad \text{-------}(6.1)$$



شکل (6.2)

b. ایڈیابیٹک پھیلاؤ (Adiabatic Expansion BC)

استوانہ کو منبع سے الگ کر دیا جاتا ہے اور ایک غیر موصل اسٹانڈ پر رکھا جاتا ہے۔ پسٹن کو مزید ایڈیابیٹک طور پر اتنی حرکت دی جاتی ہے کہ گیس کی تپش سنک کی تپش T_2 کے مساوی ہو جائے۔ اس طرح گیس انٹرنل انرجی کے بل پر بیرونی کام انجام دیتی ہے۔ اس پھیلاؤ کو منحنی BC سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ انتہائی حالت میں گیس کا دباؤ P_3 اور حجم V_3 ہو جاتے ہیں تب گیس کا انجام دیا ہوا کام W_2 ہوگا۔

$$W_2 = \int_{V_2}^{V_3} pdV = \int_{V_2}^{V_3} K \frac{dV}{V^r} = K \int_{V_2}^{V_3} \frac{dV}{V^r}$$

$$W_2 = \left[\frac{V^{-r+1}}{-r+1}\right]_{V_2}^{3} = K\left[\frac{V^{1-r}}{1-r}\right]_{V_2}^{V_3}$$

$$= \frac{KV_3{}^{1-r} - KV_2{}^{1-r}}{1-r} \qquad (K = P_2V_2{}^{r} = P_3V_3{}^{r})$$

$$= \frac{P_3V_3 - P_2V_2}{1-r}$$

$$= \frac{RT_2 - RT_1}{1-r} (\because P_2V_2 = RT_1, P_3V_3 = RT_2)$$

کے رقبے $BCC'B'B'W_2 = \frac{R(T_1-T_2)}{r-1}$ ------(6.2)

اس مرحلے کے بعد گیس کا دباؤ بہت کم ہو جاتا ہے اور اس کی مزید کام کرنے کی صلاحیت ختم ہو جاتی ہے۔ تب گیس کو اس کی ابتدائی حالت (P_1, V_1) پر آئسو تھرمل اور ایڈیا بیٹک پچکاؤ کے ذریعہ واپس لایا جاتا ہے۔

c. آئسو تھرمل پچکاؤ (Isothermal Compression)

استوانے کو غیر موصل اسٹانڈ سے علاحدہ کیا جاتا ہے اور سنک پر رکھا جاتا ہے جس کی تپش T_1 ہے گیس کو بہ آہستگی اتنا پچکایا جاتا ہے کہ وہ حالت D تک پہونچ جائے جہاں اس کا دباؤ P_3 اور حجم V_3 ہو جاتے ہیں اس دوران پیدہ شدہ حرارت سنک کو پہونچتی ہے۔ اس عمل کو منحنی CD سے دکھایا گیا ہے۔ فرض کیجئے کہ سنک سے مسترد کردہ حرارت کی مقدار Q_2 ہے۔ یہ مساوی ہوگی گیس کے انجام دیے ہوئے کام W_3 کے بعد۔ لہٰذا

$$Q_2 = W_3 = \int_{V_3}^{V_4} pdV = Rt2\int_{V_3}^{V_4}\frac{dV}{V} \qquad \left(\because P = \frac{RT_2}{V}\right)$$

رقبے کے $CC'D'DC = Q_2 = W_3 = \left[RT_2 \log_e \frac{V_3}{V_4} = -RT_2 \log_e \frac{V_3}{V_4}\right]$ -------(6.3)

d. ایڈیا بیٹک پچکاؤ (Adiabatic Compression)

یہ اس عمل کا آخری مرحلہ ہے جس میں استوانہ سنک سے الگ کیا جاتا ہے اور غیر موصل اسٹانڈ پر رکھا جاتا ہے۔ گیس کو بہ آہستگی ایڈیا بیٹک طریقے سے اس طرح پچکایا جاتا ہے کہ حالت A دوبارہ حاصل ہو جائے جس سے تپش T_2 میں اضافہ ہو کر یہ T_2 سے T_1 ہو جاتی ہے اس کو منحنی DA سے دکھایا گیا ہے۔

اس عمل کے دوران گیس پر کیا گیا کام W_4 ہوگا۔

رقبہ $DD'AA"D = W_4 = \int_{V_4}^{V_1} pdV = \frac{R(T_1-T_2)}{r-1}$ -------(6.4)

(6.2) اور (6.3) کے مساوات کو ملانے پر $W_2 - W_4$ تب خالص (net) دیا ہوا کام ہوگا۔

$$W_1 - W_3$$

تب گیس کی جذب کردہ حرارت کی مقدار

$$= Q_1 - Q_2 = W_1 - W_3$$

6.3 کارنوٹ انجن کی استعداد (Effeciency of Carnot's Engine)

انجن کی استعداد معلوم کرنے کے لیے ہم انجام دیے ہوئے کام اور درکار حرارت کی مقدار معلوم کریں گے۔ فرض کیجئے کہ کہ آئسو تھرمل مرحلے دوران T_1 تپش پر حرارت کی جذبہ کردہ مقدار Q_1 اور T_2 تپش پر مسترد کردہ حرارت کی مقدار Q_2 سے تب انجن کی استعداد ہو گی۔

$$\eta = \frac{\text{انجن کا انجام دیا ہوا کام}}{\text{منبع سے جذب کردہ حرارت}} = \frac{\text{کام میں تبدیل شدہ حرارت}}{\text{جذب کردہ حرارت}}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \qquad \text{---------}(6.5)$$

تب گیس کا مجموعی طور پر انجام دیا ہوا کام ہو گا۔

$$W = W1 + W2 + W3 + W4$$

$$W = RT_1 \log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right) + \frac{R(R_1 - T_2)}{r-1} - RT_2 \log\left(\frac{V_3}{V_4}\right) - \frac{R(R_1 - T_2)}{r-1}$$

$$W = RT_1 \log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right) - RT_2 \log_e\left(\frac{V_3}{V_4}\right) \qquad \text{-----}(6.6)$$

B اور C ایک ہی ایڈیا بیٹک نقطہ پر واقع ہیں اس لئے۔

$$T_1 {V_2}^{r-1} = T_2 {V_3}^{r-1}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^{r-1} \qquad \text{------}(6.7)$$

مزید یہ کہ A اور D ایک ہی ایڈیا بیٹک نقطہ پر واقع ہیں اس یے۔

$$T_1 {V_2}^{r-1} = T_2 {V_4}^{r-1}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_4}{V_2}\right)^{r-1} \qquad \text{-------}(6.8)$$

مساوات (6.7) اور (6.8) کا تقابل کرنے پر

$$\left(\frac{V_3}{V_2}\right)^{r-1} = \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{r-1}$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{V_4}{V_1}$$

$$\frac{V_3}{V_4} = \frac{V_2}{V_1} \qquad \text{------}(6.9)$$

مساوات(6.9)کو مساوات(6.6)میں درج کرنے پر

$$W = RT_1 \log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right) - RT_2 \log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$W = R(T_1 - T_2)\log_e\frac{V_2}{V_1}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{R(T_1-T_2)\log_e\frac{V_2}{V_1}}{RT_1\log\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}$$

$$\eta = \frac{T_1-T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \qquad \text{------(6.10)}$$

مساوات(6.10)ایک حراری انجن(کارنوٹ انجن)کے استعداد کو ظاہر کرتی ہے۔

کارنوٹ انجن کی عملی دشواریاں(Improctibility of Carnot's Engine):

کارنوٹ انجن ایک مثالی انجن ہے اور عملی طور پر اس کا استعمال دشوار کن ہے جس کی وجوہات حسب ذیل ہیں:

i. کارنوٹ انجن میں بھاپ کا جذب ہونا اور مسترد ہونا مستقل تپش پر انجام پاتا ہے جبکہ عملی طور پر اس مرحلے کو حاصل کرنا بہت دشوار ہے جب کہ ایک حقیقی انجن میں منبع کی تپش میں مسلسل کمی ہوتی ہے کیونکہ یہ حرارت فراہم کرتا ہے جب کہ سرد جسم(سنک)کی تپش میں مسلسل اضافہ ہوتا ہے کیونکہ یہ حرارت جذب کرتا ہے۔

ii. استوانے کے قاعدے کو کامل قابل ایصال تصور کیا گیا ہے اور دوسرے اجزاء غیر موصل تصور کیے گئے ہیں جب کہ یہ ممکن نہیں۔

iii. یہ عمل میں کامل ریورسیبل ہے۔اگر سائیکل کو معکوس کردیا جائے تو کارکن شئے سنک سے Q_2 مقدار حرارت جذب کرتی ہے اور Q_1 مقدار خارج کرتی ہے یہ انجن اس طرح ایک ریفریجریٹر کے کام کرتا ہے۔

iv. انجن کی کارکردگی بہت سست ہے۔اس سے فرق نہیں کہ اس کی استعداد کیا ہے اگر یہ سست روی سے کام کرتا ہے تو اس کی کوئی اہمیت نہیں۔یہ خدوخال حقیقت سے بعید ہیں اس لئے کارنوٹ انجن کو عملی طور پر حاصل کرنا ممکن نہیں۔

6.4 کارنوٹ انجن کی رجعت پذیری(Reversibility of Carnot's Engine)

چونکہ آئسوتھرمل اور ایڈیابیٹک پھیلاؤ اور آئی سوتھرمل اور ایڈیابیٹک پچکاؤ ریورسیبل اعمال ہیں اور یہ تصور کیا جاتا ہے کہ پسٹن اور استوانے کے درمیان رگڑ مکمل طور پر غیر حاضر رہتی ہے لہٰذا کارنوٹ سائیکل کو مکمل طور پر ریورسیبل بنایا جاسکتا ہے۔شکل(6.2) میں منحنی کے نقطہ A سے ابتداء کرکے کارنوٹ سائیکل کو منحنی ABCDA پر تواتر میں واپس حاصل Trace Back کیا جاسکتا ہے ان مراحل کا تسلسل حسب ذیل ہوگا۔

a. ایڈیا بیٹک پھیلاؤ A تا D، (2)۔ آئسو تھرمل پھیلاؤ D تا C، (3)۔ ایڈیا بیٹک پچکاؤ C تا B، (4)۔ حر گزار پچکاؤ C تا A۔ اس عمل میں پست تپش T_2 پر رکھ گئے سنک سے حرارت کی مقدار Q_2 نکال دی جاتی ہے اور بلند تپش T_1 والے منبع کو حرارت کی ایک خاص مقدار Q_1 دی جاتی ہے۔ ریور سیبل کارنوٹ دور میں سسٹم پر لازماً انجام دیا جانا چاہئے جو کہ پست تپش پر رکھے گئے سنک سے حرارت کو حاصل کرلیتا ہے۔ ریور سیبل عمل کو دہراتے ہوئے سنک سے حرارت کی چاہے جتنی بھی مقدار نکال دی جاسکتی ہے۔ اس طرح یہ سسٹم ایک ریفریجریٹر کی مانند کام کرتا ہے جس میں ایک پست تپش والا جسم یا فریزنگ کمپارٹمنٹ سے حرارت کو ایک بلند تپش رکھنے والے جسم یعنی روم کو منتقل کرتا ہے۔ حرارت کی یہ منتقلی اس کو برقی توانائی کے ذریعہ ہیا کیے گئے کام کے ذریعے عمل میں لائی جاتی ہے۔

6.5 کارنوٹ تھیورم (Carnot Theorem)

اس تھیورم کے مطابق "کوئی بھی انجن دو یکساں تپشوں کے درمیان کام کرنے والے ریور سیبل انجن سے زیادہ استعداد نہیں رکھ سکتا" یا" دو یکساں تپشوں کے درمیان کام کرنے والے ریور سیبل انجنوں کی استعداد یکساں ہوتی ہے اور یہ کارکن شئے کی طبع سے آزاد رہتی ہے۔

اس تھیورم کو ثابت کرنے کے لیے ایک ریور سیبل انجن R اور ایک ارریور سیبل انجن I تصور کیجئے جو یکساں منبع اور سنک کے درمیان کر رہے ہیں۔ I آگے کی سمت میں اور R معکوس سمت میں کام کرتا ہے فرض کیجئے کہ انجن I منبع سے Q حرارت کی مقدار جذب کرتا ہے اور اس حرارت کا کچھ حصہ کام W میں تبدیل کرتا ہے اور باقی حرارت Q-W سنک میں خارج کرتا ہے۔ اس طرح انجن R سنک سے Q مقدار حرارت جذب کرتا ہے اور حرارت کی کچھ مقدار کارکن شئے پر کام W' کرنے میں صرف کرتا ہے اور اصل (net) مقدار $Q' + W'$ منبع میں خارج کرتا ہے ہم یہاں یہ تصور کریں گے کہ منبع میں کوئی تبدیلی واقع نہیں ہو رہی ہے کیونکہ حرارت کی وہ مقدار جو I منبع سے حاصل کرتا ہے اتنی ہی مقدار R منبع کو پہونچا دیتا ہے۔ لہٰذا

$$W' = Q - Q' \quad \text{یا} \quad Q' + W' = Q$$

اگر ممکن ہو تو اررریو سیبل انجن کی استعداد اور یور سیبل انجن سے زیادہ تصور کیجئے۔

R کی استعداد < کی استعداد

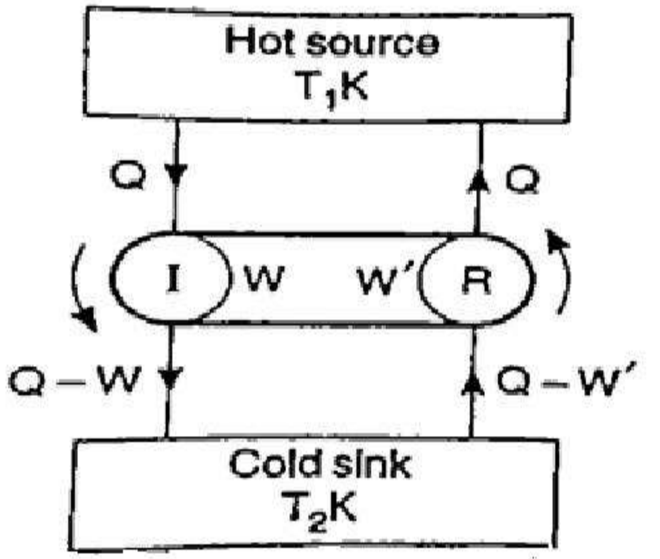
$$\frac{W}{Q} > \frac{W'}{Q'}$$

$$W > W' \quad ----(6.11)$$ یا

اب فرض کیجئے دو انجن کو ایک بیلٹ کے ذریعے اس طرح جوڑ دیا گیا (ملاحظہ ہو شکل 6.3) کہ انجن I راست کام انجام دیتا ہے اور انجن R کو معکوس سمت میں چلاتا ہے یہ مرکب انجن سنک سے حرارت کی مقدار $(Q - W')$ حاصل کرتا ہے اور مقدار Q منبع کر دیتا ہے تب سنک کے ذریعہ استعمال شدہ حرارت کی مقدار ہو گی۔

$$= (Q - W') - (Q - W)$$
$$= Q - W' - Q + W$$
$$= W - W' \quad \text{-------}(6.12)$$

کارنوٹ تھیورم کے مطابق کوئی بھی انجن دو یکساں تپشوں کے درمیا کام کرنے والے ریور سیبل انجن سے زیادہ استعداد نہیں رکھ سکتا یا دو یکساں تپشوں کے درمیان کام کرنے والے ریور سیبل انجنوں کی استعداد یکساں ہوتی ہے اور یہ کارکن شئے کی طبع سے آزاد رہتی ہے۔



شکل (6.3): سرجسم (سنک)

مساوات (6.11) کے مطابق یہ ایک مثبت مقدار ہے جو یہ ظاہر کرتی ہے کہ انجنوں کو باہم جوڑنے سے سنک سے جذب کردہ حرارت $(Q - W')$ بڑی ہے حرارت کی اس مقدار $(Q - W)$ سے جو سنک کو واپس لوٹائی گئی جب کہ منبع غیر متاثر رہتا ہے لہذا سنک سے کسی بھی مقدار میں حرارت لی جا سکتی ہے اور کام انجام دیا جا سکتا ہے ہاور اس دوران منبع میں کوئی تبدیلی نہیں آئے گی جو تھر مو ڈائنامک کے دوسرے کلیہ کی رو سے ناممکن ہے جو یہ بیان کرتا ہے کہ "کسی بھی آلے کے لیے یہ ممکن نہیں ہے کہ ایک منبع سے حرارت کا انجذاب اسے مکمل طور پر کام میں تبدیل کرے" اس لیے یہ تصور کہ ارریور سیبل انجن کی استعداد ریور سیبل انجن سے زیادہ ہے غلط ہے

لٰہذا کوئی بھی انجن جو منبع اور سنک کے درمیان کام کر رہا ہو ایک ریور سیبل انجن سے زیادہ استعداد نہیں رکھتا یہ کارنوٹ تھیورم کا پہلا حصہ ہے۔

تھیورم کے دوسرے حصے کو ثابت کرنے کے لیے مان لیجئے کہ دو ریور سیبل انجن A اور B منبع اور سنک کے درمیان کام کر رہے ہیں اگر ہم یہ تصور کریں کہ انجن A اور B کو معکوس سمت میں چلا رہا ہے تب A کی استعداد B سے زیادہ نہیں ہو سکتی لٰہذا دونوں انجنوں کی استعداد یکساں ہوگی اس طرح ایک ریور سیبل انجن کی استعداد کا انحصار صرف منبع اور سنک کی تپش پر ہوتا ہے اور یہ مکمل طور پر کارکن شئے کی طبع سے آزاد رہتی ہے۔

6.6 ایک ریفریجریٹر کی شرح استعداد (Coefficient of Performance of a Refrigerator)

ایک ریفریجریٹر کی شرح استعداد K سے مراد وہ نسبت ہے جو سرد جسم سے لی گئی حرارت اور کام کے درمیان پائی جاتی ہے۔ جو ریفریجریٹر کو چلانے درکار ہو۔

$$K = \frac{Q_2}{W} = \frac{W_2}{Q_1 - Q_2}$$

$$K = \frac{1}{\frac{Q_1}{Q_2} - 1} = \frac{1}{\left(\frac{T_1}{T_2} - 1\right)} \qquad \left(\because \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}\right)$$

$$K = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

یہ ایک ریفریجریٹر کی شرح استعداد کی مساوات ہے ایک اچھے ریفریجریٹر کے لیے K کی قیمت زیادہ ہونی چاہئے۔

کارنوٹ انجن کی تعداد η اور کارنوٹ ریفریجریٹر کی استعداد K کے درمیان رشتہ

(Relation between Efficiency of η And Efficiency Carnot Refrigerator K Carnot Engine)

فرض کیجئے کہ ایک کارنوٹ انجن اور کارنوٹ ریفریجریٹر تپش T_1 اور T_2 کے درمیان کام کر رہے ہیں تب کارنوٹ انجن کی استعداد

$$\eta = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \qquad \text{---------}(6.13)$$

اور کارنوٹ ریفریجریٹر کی استعدا

$$K = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \qquad \text{-------}(6.14)$$

مساوات (6.13) سے

$$K + 1 = \frac{T_2}{T_1 - T_2} + 1$$

$$K + 1 = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$K + 1 = \frac{1}{\eta}$$

$$\eta = \frac{1}{K+1} \qquad \text{-------(6.15)}$$

6.7 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال1

ایک ریور سیبل انجن کی استعداد 0.5 ہے۔ اگر منبع کی تپش 400k ہو تو سنگ کی تپش معلوم کیجئے۔

حل: انجن کی استعداد

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} =$$

$$\eta = 0.5, T_1 = 400k, T_2 = ?$$

$$0.5 = 1 - \frac{T_2}{400}$$

$$-1 + 0.5 = -\frac{T_2}{400}$$

$$T_2 = 400 \times 0.5$$

$$T_2 = 200.a$$

$$T_2 = 200k$$

حل شدہ مثال2

ایک کارنوٹ انجن کے سنک کی تپش $27^0 C$ ہے اور استعداد 0.25 ہے۔ اگر ہم اس کی استعداد 0.5 کرنا چاہیں تو منبع کی بلند تپش میں کتنے ڈگری کا اضافہ کرنا چاہئے۔

حل: دیا ہے کہ

$$T_1 = ?\ T_2 = 273 + 27 = 300k, \eta_1 = 0.25$$

$$n_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$0.25 - 1 - \frac{300}{T_1}$$

$$-0.75 = \frac{-300}{T_1}$$

$$T_1 = \frac{-300}{0.75} =$$

$$T_1 = 400k$$

استعداد کو 0.5 کرنے لیے? $T_2 = 300\ \eta_2 = 0.5\ T_1 =?$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$0.5 - 1 - \frac{300}{T_1}$$

$$-0.5 = \frac{-300}{T_1}$$

$$T_1 = \frac{300}{0.5} = 600k$$

منبع کی تپش میں اضافہ $T_1 - T_1$

$$= 600 - 400$$

تپش میں اضافہ $= 200K$

حل شدہ مثال 3

دو کارنوٹ انجن A اور B ہم سلسلہ جوڑ دیئے گئے۔ انجن A 900k پر حرارت حاصل کرتا ہے اور TK پر مسترد کرتا ہے۔ دوسرا انجن B اس مسترد کردہ حرارت کو جذب کرتا ہے اور پھر سنک کو 400K پر مسترد کرنا ہے تو تپش T کی قیمت معلوم کیجئے جب کہ دونوں انجنوں کی استعداد مساوی ہو؟

حل: دیا گیا ہے کہ انجن A کے لیے $T_1 = 900K$? $T_2 = T_0 =$ استعداد $= \eta_1$

دوسرے انجن B کے لیے ? $T_2 = T_2 = 400K'T_1 = T =$ استعداد $= \eta_2$

A کی استعداد $\eta_1 = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

B کی استعداد $\eta_2 = \frac{T_2 - T\prime}{T}$

$$\because \eta_1 = \eta_2$$

$$\frac{T_1-T_2}{T_1} = \frac{T-400}{T}$$

$$\frac{900-T}{900} = \frac{T-400}{T}$$

$$900T - T^2 = 900T - 360000$$

$$T^2 = 360000$$

$$T = 600K$$

حل شدہ مثال4

دو کارنوٹ انجن A اور B کی استعداد مساوی جب کہ منبع اور سنک کی تپش A کے لیے 1000K اور 500K ہے اور B کے لیے T اور 1000K ہے تب T کی قیمت معلوم کیجیے۔

حل: انجن A کے لیے $T_1 = 1000K$ اور $T_2 = 500k$

انجن B کے لیے $T_1 = ?$ $T_2 = 1000k$

دیا گیا ہے کہ $\eta_1 = \eta_2$

$$1 - \frac{T_2}{T} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$1 - \frac{500}{1000} = 1 - \frac{1000}{T'_1}$$

$$\frac{500}{1000} = \frac{1000}{T'_1}$$

$$T'_0 = \frac{1000 \times 1000}{500}$$

$$T_1 = 2000k$$

حل شدہ مثال5

ایک ریفر جریٹر ایک ریورسیبل سائیکل میں تپش 300k اور 400k کے درمیان کام کرتا ہے۔ تب اس کی کارکردگی کی شرح معلوم کیجیے؟

حل: $\eta_1 = ?$ $T_1 = 400k$ $T_2 = 300k$

ایک ریفریجریٹر کی کارکردگی کی شرح

$$K = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$K = \frac{300}{400-300} = \frac{300}{100} = 3$$

$$k = 3$$

6.8 اکتسابی نتائج(Learning Outcomes)

- ایک رجعت پذیر انجن جو T_1 تپش (منبع)اور T_2 تپش (سنک) کے درمیان کام کر رہا ہو کارنوٹ انجن کہلاتا ہے۔اس کی استعداد کا انحصار منبع اور سنک کی تپش پر ہوتا ہے۔
- دو تپشوں کے درمیان کام کر رہے کسی بھی انجن کی استعداد کارنوٹ انجن سے زیادہ نہیں ہوتی۔
- کارنوٹ دور دو ہم تپشی اور دو ہم حرنا گزار اعمال پر مشتمل ہوتا ہے۔
- تپش مطلق پر منی تپش ممکن نہیں۔

6.9 کلیدی الفاظ(Keywords)

- ناکارگی(Disorder): ایک نظام کا باقاعدہ حالت سے بے قاعدہ حالت کی طرف مائل ہونا۔
- منبع(Source): گرم جسم جس کی تپش بلند ہو۔
- غرقہ(Sink): سرد جسم جس کی تپش پست ہو۔
- کارکن شئے(Working Substance): ایک کامل گیس جس پر کام کیا جاتا ہے۔

6.10 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

6.10.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. کارنوٹ انجن کی استعداد کی مساوات لکھیے۔اس کا انحصار کن اُمو پر ہوتا ہے؟
2. ایک کارنوٹ انجن کی استعداد اور ریفریجریٹر کی کارکردگی کی شرح میں رشتہ لکھیے۔
3. ایک آئیسوتھرمل عمل میں کامل گیس کو مہیا کی گئی توانائی استعمال ہوتی ہے۔

(a) تپش میں اضافہ کے لئے (b)بیرونی کام انجام دینے کے لیے

(c) تپش میں اضافہ اور بیرونی کام کے لیے (d)اندرونی توانائی میں استعمال کے لیے

4. ایک ایڈیا بیٹک عمل میں کون سی طبیعی مقدار مستقل رہتی ہے۔

(a) تپش (b)حرارت

(c)حجم (d)دباؤ

5. ایک تھرموڈائنامک عمل میں تپش مستقل رہتی ہے یہ عمل ہے۔

(a)آئیسو تھرمل (b)ایڈیابیٹک

(c)آئیسو کورک (d)آئیسو بارک

6. ایک حراری انجن کی استعداد کبھی بھی نہیں ہوسکتی۔

(a)10٪ (b) 40٪

(c)80٪ (d) 100٪

7. ایک حراری انجن کے سنک اور منبع کی تپش کے درمیان نسبت 1:2 ہے اس کی استعداد ہو گی۔

(a)0.25 (b)0.5

(c)0.75 (d)0.8

8. ایک حراری انجن کی استعداد 0.4 ہے اس کے سنک اور منبع کی تپش کے درمیان نسبت ہو گی۔

(a)1:3 (b)2:3

(c)3:5 (d)1:4

9. ایک کارنوٹ انجن کی استعداد جو برف کے نقطہ اور بھاپ کے نقطہ کے درمیان کام کر رہا ہو گی۔

(a)1 (b)16.8٪

(c)26.8٪ (d)36.6٪

10. ایک کارنوٹ انجن کی استعداد بڑھانے کے لیے کون سا عمل موثر ہے۔

(a)منبع کی تپش میں $50^o C$ کا اضافہ (b)سنک کی تپش میں $50^o C$ کی کمی

(c)منبع کی تپش میں $50^o C$ کا اضافہ اور سنک کی تپش میں $50^o C$ کی کمی (d)تمام اعمال موثر ہیں

6.10.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. ریورسیبل اور اررریورسیبل اعمال کیا ہیں؟ مثالیں دیجیے۔
2. ایک ریفریجریٹر کے کام کرنے کے طریقے کو بیان کیجیے۔
3. کارنوٹ تھیورم کو بیان کیجیے اور اس کی وضاحت کیجیے۔

6.10.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. کارنوٹ سائیکل کو بیان کیجیے۔ ہر مرحلہ میں انجام دیے گئے کام کو جمع۔ دباؤ تر سیم پر کس طرح ظاہر کیا جاتا ہے؟
2. ایک صاف شکل کے ذریعے کارنوٹ انجن کے کام کرنے کی وضاحت کیجیے اس کی حرارت استعداد کی مساوات اخذ کیجیے۔
3. کارنوٹ کے تھیورم کو بیان کیجیے اور ثابت کیجیے۔ وضاحت کیجیے کہ اس سے تپش مطلق کا پیمانہ کس طرح حاصل ہوتا ہے؟

6.10.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. ایک کارنوٹ انجن کی استعداد %25 ہے سنک کی تپش %50 گھٹانے پر اس کی استعداد %50 ہو جاتی ہے تب منبع اور سنک کی تپش محسوب کیجیے۔ (جواب 150k, 200k)
2. ایک کارنوٹ انجن منبع سے جو 500k تپش پر ہے 250j حرارت جذب کرتا ہے اور 125j سنک کو مسترد کرتا ہے تب سنک کی تپش اور انجن کی استعداد محسوب کیجیے۔ (جواب: 50%, 250k)
3. ایک کارنوٹ انجن کی استعداد 6/1 ہے۔ اگر سنک کی تپش میں 65^oC کی کمی جائے تو اس کی استعداد 3/1 ہو جاتی ہے۔ تب ابتدائی اور انتہائی تپش محسوب کیجیے جس کے درمیان انجن کام کر رہا ہے۔ (جواب: 520C, 1170C)
4. ایک کارنوٹ انجن کے منبع کی تپش 350k اور سنک کی تپش 275 ہے۔ اگر یہ گرم منبع سے 500J حرارت جذب کرتا ہے تب انجن کا انجام دیا ہوا کام محسوب کیجیے۔ (جواب: 107J)
5. دو کارنوٹ انجنوں کی استعداد مساوی ہے جب کہ ان کے منبع اور سنک کے تپش بالترتیب (a) 1000k اور 500kxk (b) اور 1000k ہے تب x کی قیمت معلوم کیجیے۔ (جواب: 2000k)

6.11 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5th & 6th)
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
5. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
6. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
7. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
8. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 7۔ حر حر کیاتی کا دوسرا کلیہ

(Second Law of Thermodyanmics)

اکائی کے اجزا

7.0 تمہید

7.1 مقاصد

7.2 حر حر کیات کا دوسرا کلیہ

7.3 حر حر کیاتی تپش کا پیمانہ یا کیلون کا پیمانہ

7.4 حل شدہ مثالیں

7.5 اکتسابی نتائج

7.6 کلیدی الفاظ

7.7 نمونہ امتحانی سوالات

7.7.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

7.7.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

7.7.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

7.7.4 غیر حل شدہ سوالات

7.8 تجویز کردہ اکتسابی مواد

7.0 تمہید(Introduction)

تاریخی طور پر، دوسرا کلیہ ایک تجرباتی دریافت تھا جسے تھرموڈینامک تھیوری کے محور کے طور پر قبول کیا گیا تھا۔ شماریاتی میکانکس ایٹموں یا مالیکیولوں کی بڑی اسمبلیوں کی ریاستوں کی امکانی تقسیم کے لحاظ سے کلیہکی ایک خوردبین وضاحت فراہم کرتا ہے۔ دوسرے کلیہ کا اظہار کئی طریقوں سے کیا گیا ہے۔ اس کی پہلی تشکیل، جو اینٹروپی کی مناسب تعریف سے پہلے تھی اور کیلورک تھیوری پر مبنی تھی، کارنوٹ کا تھیوریم ہے، جسے فرانسیسی سائنسدان ساڈی کارنوٹ نے وضع کیا تھا، جس نے 1824 میں یہ ظاہر کیا تھا کہ حرارت کے انجن میں کام کرنے کے لیے حرارت کو تبدیل کرنے کی افادیت اوپری ہوتی ہے۔ حد اینٹروپی کے تصور پر مبنی دوسرے قانون کی پہلی سخت تعریف 1850 کی دہائی میں جرمن سائنس دان روڈولف کلوسیس کی طرف سے آئی تھی اور اس میں اس کا یہ بیان بھی شامل تھا کہ گرمی سرد سے گرم جسم میں کسی دوسری تبدیلی کے بغیر منتقل نہیں ہو سکتی، اس کے ساتھ منسلک ہوتی ہے، ایک ہی وقت.

تھرموڈائنامک کا پہلا کلیہ حرارت اور کام کے درمیان مماثلت کو ظاہر کرتا ہے اس طرح حرارت اور میکانکی کام ایک دوسرے میں تبدیل ہوسکتے ہیں لیکن تھرموڈائنامکس کا پہلا کلیہ اس کی نشاندہی نہیں کرتا کہ حرارت کی کتنی مقدار کام میں تبدیل ہو سکتی ہے اور کیا یہ تبدیلی از خود ہو سکتی ہے؟ اس کا جواب تھرموڈائنامکس کا دوسرا کلیہ ہے۔

7.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- حر حرکیات کا دوسرا کلیہ کی وضاحت کریں گے۔
- حر حرکیاتی تپش کا پیمانہ یا کیلون کا پیمانہ کو حاصل کریں گے۔

7.2 حر حرکیاتی کا دوسرا کلیہ (سکنڈ لا آف تھرموڈائنامکس)(Second Law of Thermodyanmics)

تھرموڈائنامک کا پہلا کلیہ حرارت اور کام کے درمیان مماثلت کو ظاہر کرتا ہے اس طرح حرارت اور میکانکی کام ایک دوسرے میں تبدیل ہوسکتے ہیں لیکن تھرموڈائنامکس کا پہلا کلیہ اس کی نشاندہی نہیں کرتا کہ حرارت کی کتنی مقدار کام میں تبدیل ہو سکتی ہے۔

کیلون کے مطابق تھرموڈائنامک کا دوسرا کلیہ(Kelvin's State of II Law)

ہم جانتے ہیں کہ ایک حراری انجن منبع سے حرارت حاصل کرتا ہے اور اسے جزوی طور پر کام میں تبدیل کرتا ہے اور باقی حرارت سنک میں مسترد کر دیتا ہے۔ جیسے جیسے انجن حرارت جذب کرتا جاتا ہے منبع کی تپش میں گراوٹ آتی رہتی ہے اور کچھ دیر بعد منبع کی تپش ماحول کی تپش کے مساوی ہو جاتی ہے اس لیے اب دونوں کے درمیان حرارت کی تبدیلی ممکن نہیں لہٰذا انجن کرنا بند کر دیتا ہے۔ یعنی انجن سے اب کوئی نہیں لیا جاسکتا۔ اس صورت حال کو لارڈ کیلون نے دوسرے کلیہ کی شکل میں یوں بیان کیا۔

"یہ ناممکن ہے کہ کسی جسم کو اتنا سرد کیا جائے کہ اس کی تپش ماحول کی تپش سے بھی سرد ہو جائے اور اس سے مسلسل کام کا حصول ہو۔"
یہ بیان اس حقیقت کے برابر ہے کہ حراری انجن صرف اسی وقت کام کرتا ہے جب منبع حرارت بلند تپش اور سنک پست تپش پر ہو۔

کلاسیس کے مطابق تھر موڈائنامک کا دوسرا کلیہ(Clausius Statement of II law)

ہم جانتے ہیں کہ ایک ریفریجریٹر کا عمل حراری انجن کے معکوس ہے۔ دوسرے کلیہ کے تعلق سے کلاسیس کا بیان ریفریجریٹر کے کام کرنے کے اصول پر مبنی ہے ایک ریفریجریٹر میں حرارت کا تبادلہ سرد جسم سے گرم جسم کی طرف ایک بیرونی مدد کے ذریعہ ہوتا ہے اب تک کوئی ایسا ریفریجریٹر ڈیزائن نہیں کیا گیا جو سرد جسم سے گرم جسم کو حرارت کی منتقلی بغیر مدد کے کر سکے۔ اس صورت حال کا کلاسیس نے یوں بیان کی۔
"ایک خود کار مشین کے لیے جو بغیر کسی بیرونی ایجنسی کے کام کرتی یہ ناممکن ہے کہ حرارت کو سرد جسم سے گرم جسم کی طرف منتقل کرے۔" تھر موڈائنامک کے یہ دونوں کے لیے آپس میں مطابق رکھتے ہیں۔

دونوں کلیات میں برابری(Equivalence Between Two Laws)

ہم یہاں یہ بتانے کی کوشش کریں گے کہ تھر موڈائنامک کے دونوں کلیات آپس میں مساوی ہیں مان لیجئے کہ ایک ریفریجریٹر ہے جو سرد جسم سے گرم جسم کو بغیر کسی بیرونی ایجنسی کے حرارت منتقل کر رہا ہے لیکن یہ کلاسیس کے کلیہ کی خلاف ورزی ہے ہم یہ بتائیں گے کہ یہ کیلون کے کلیے کی بھی خلاف ورزی ہے۔ اس کے لیے مان لیجئے کہ ایک انجن یکساں منبع اور سنک کے درمیان کام کر رہا ہے۔ یہ انجن گرم جسم سے Q مقدار حرارت اصل کرتا ہے اور Q' حرارت سرد جسم کو منتقل کرتا ہے اگر اس ریفریجریٹر اور انجن کو باہم جوڑ دیا جائے تاکہ یہ ایک خود کار مشین بن جائے تب جسم سے حاصل کردہ اصل(net) حرارت کی مقدار $Q - Q'$ ہو گی۔ اس حرارت کو سنک میں اس طرح تبدیل کیا جائے کہ اس حرارت کا کوئی بھی جز سنک کو نہ پہونچے۔ یہ کیلون کے کلیہ کی خلاف ورزی ہے لہٰذا کلاسیس کے کلیہ کی خلاف ورزی کیلون کے کلیہ کی خلاف ورزی اور کیلون کے کلیہ کی خلاف ورزی کلاسیس کے کلیہ کی خلاف ورزی ہے اس سے ثابت ہوتا ہے کہ دونوں کلیات ایک ہی ہیں۔

7.3 حر حرکیاتی تپش کا پیمانہیا کیلون کا پیمانہ(Thermodynamic Scale of Temperature)

تپش کی پیمائش کے لیے ہم کسی شئے کی طبعی خصوصیات کا استعمال کرتے ہیں مثلاً پارے کا پھیلاؤ ایک گیس کے دباؤ یا حجم میں تبدیلی، حراری برقی قوہ میں تبدیلی، تپش کے اضافے سے پلیٹینم کی مزاحمت میں اضافہ وغیرہ۔ اس طرح بنائے گئے تپش کے پیمانے خود اختیاری(Arbitary) ہیں جن کی ایک دوسرے سے مطابقت نہیں ہوتی۔ ایک جسم کی تپش مختلف تھرمامیٹر جیسے سنٹی گریڈ، فارن ہیٹ اور رومر وغیرہ پر مختلف ہوتی ہے۔ ایک کامل گیس کا پیمانہ جو ہائیڈروجن کے مستقل حجم پر کام کرتا ہے ایک اعلیٰ معیار تپش پیمامانا جاتا ہے لیکن کوئی گیس کامل نہیں ہے۔

اس لئے یہ پیمانہ بھی قریب قریب صحیح قیمت بناتا ہے لہٰذا ایک ایسے تھرمامیٹر کی ضرورت محسوس کی گئی جو خود اختیار نہ ہو اور جو حراری شئے کی کسی خاصیت سے آزاد ہو۔

اس نظریہ کو لے کر لارڈ کیلون نے 1848ء میں کارنوٹ انجن کی تپش کو پیمائش کی بنیاد بنایا۔ کیلون نے اس بنیاد پر کہ تمام ری ور سیبل انجن کی استعداد جو یکساں تپش پر کام کر رہا ہے صرف دو تپشوں کا تفاعل ہے اور کارکن شئے کی طبع سے آزاد ہے۔ کارنوٹ تھیورم کا یہ حاصل کیلون کے تپش مطلق کی بنیاد بنا۔ اس کو تھرموڈائنامک تپش کا پیمانہ بھی کہتے ہیں۔

فرض کیجئے T_1 پر ایک ریور سیبل انجن Q_1 کی مقدار جذب کرتا ہے اور T_2 پر Q_2 حرات کی مقدار مسترد کرتا ہے ہم جانتے ہیں کہ استعداد ان دو تپشوں کا تفاعل ہے۔

لہٰذا $$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = f(T_1, T_2)$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = 1 - f(T_1, T_2)$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{1}{1-f(T_1,T_2)} = F(T_1, T_2) \text{-------} (7.1)$$

جہاں T_1 اور T_2 کا نیا تفاعل ہے۔

اب ہم ایک دوسرے ریور سیبل حراری انجن کا تصور کریں گے جو T_2 تپش پر Q_2 حرارت جذب کرتا ہے۔ اور T_3 تپش پر Q_3 حرارت مسترد کرتا ہے۔ تب۔

$$\frac{Q_2}{Q_1} = F(T_2, T_3) \qquad \text{-------} (7.2)$$

اس طرح ایک اور ریور سیبل انجن جو تپش T_1 اور T_3 کے درمیان کام کر رہا ہو $(T_1 > T_3)$ تب

$$\frac{Q_1}{Q_3} = F(T_1, T_3) \qquad \text{----------} (7.3)$$

مساوات (7.1) اور (7.2) کو ضرب دینے پر

$$\frac{Q_1}{Q_2} \times \frac{Q_2}{Q_3} = \frac{Q_1}{Q_3} = F(T_1, T_2) \times F(T_2, T_3) \qquad \text{----------} (7.4)$$

مساوات (7.3) اور (7.4) کا تفاعل کرنے پر

$$F(T_1, T_3) = F(T_1, T_2) \times F(T_2, T_3) \qquad \text{-------} (7.5)$$

یہ مشاہدہ کیا جاسکتا ہے کہ مساوات (7.5) کے بائیں جانب T_2 نہیں ہے اس لیے مساوات (7.5) کو صحیح ہونے کے لیے مساوات (7.5) کے سیدھی جانب T_2 کو خارج کرنا ضروری ہے یہ اسی وقت ممکن ہے جب ہم ایک نئے تفاعل کو تشکیل دیں گے یعنی۔

$$F(T_1, T_2) = \frac{\emptyset(T_1)}{\emptyset(T_2)} \quad \text{--------}(7.6)$$

$$F(T_2, T_3) = \frac{\emptyset(T_2)}{\emptyset(T_3)} \text{------}(7.7)$$

جہاں $\emptyset$ ایک دوسرا تفاعل ہے

لہٰذا

$$F(T_1, T_2) \times F(T_2, T_3) = \frac{\emptyset(T_1)}{\emptyset(T_2)} \times \frac{\emptyset(T_2)}{\emptyset(T_3)}$$

$$= \frac{\emptyset(T_1)}{\emptyset(T_3)}$$

$= F(T_1, T_2)$ لہٰذا مساوات (7.5) صحیح ہے۔

مساوات (7.1) سے ہمیں حاصل ہوتا ہے کہ $\frac{\emptyset_1}{\emptyset_2} = \frac{\emptyset(T_1)}{\emptyset(T_2)}$

چونکہ $Q_1 > Q_2$ اس لیے $\emptyset(T_1) > \emptyset(T_2)$ بشرطیکہ $T_1 > T_2$ لہٰذا $\emptyset(T)$ T' کا ایک خطی تفاعل ہے۔ کیونکہ T کی بڑی قیمت کے لیے $\emptyset(T)$ کی قیمت بھی بڑی ہوگی مان لیجئے کہ $\tau = \emptyset(T)$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\emptyset(T_1)}{\emptyset(T_2)} = \frac{\tau_1}{\tau_2} \quad \text{--------}(7.8)$$

مساوات (7.8) کیلون یا تھرموڈائنامک تپش کے پیمانے کی تعریف اس طرح کرتی ہے کہ "تھرموڈائنامک یا کیلون پمانہ تپش کا وہ پیمانہ ہے جس پیمانہ پر کسی دو تپشوں کی نسبت مساوی ہے اس نسبت کے جو ایک کارنوٹ انجن حرارت جذب کرتا ہے اور مسترد کرتا ہے جو ان دو تپشوں کے درمیان کام کرتا ہے۔

صفر مطلق (Absolute Zero):

ایک انجن کی استعداد کیلون کی تپشی پیمانے کے مطابق

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{\tau_1}{\tau_2} \quad \text{----------}(7.9)$$

جب $\tau_2 = 0$ تب $\eta = 1$

اس طرح ہم تپش مطلق کے تپشی پیمانے پر صفر مطلق کی تعریف یوں کرسکتے ہیں کہ:

"ایک ریورسیبل انجن کے سنک کی وہ تپش جس پر تمام حرارت کام میں تبدیل ہوتی ہے اور انجن کی استعدادِ 1 ہوتی ہے۔ صفر مطلق کارکن شئے سے آزاد رہتا ہے کیونکہ ریورسیبل انجن کی استعداد بھی کارکن شئے سے آزاد رہتی ہے۔

پیمانہ کا درجہ(Scale of Degree):

پیمانے کے درجے کی جسامت(Size)مقرر کرنے کے لیے پانی کے نقطہ انجماد اور نقطہ جوش کو100 مساوی وقفوں میں تقسیم کیا گیا۔ فرض کیجئے کہ نقطہ انجماد(Freezing Point) کو τ_0اور نقطہ جوش کو τ_{0+100}سے ظاہر کیا گیا۔ اگر ایک ریور سیبل انجن نقطہ انجماد اور نقطہ جوش(Boiling point) کے درمیان کام کرتا ہو تب۔

$$\frac{Q_{100}}{Q_0} = \frac{\tau_{0+100}}{\tau_0} \qquad \text{-------(7.10)}$$

اس طرح تھرموڈائنامک پیمانہ مکمل طور پر قابل بیان اور معین(Fixed)۔

تپش مطلق پر منفی تپش کا امکان(Probability of Negative Temperature on Absolute Scale)

ایک ریور سیبل انجن کی استعداد اس پیمانہ پر ذیل کی مساوات سے ظاہر کی جاتی ہے۔

$$\eta = 1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}$$

اگر $\tau_2 = 0$ تب $\eta = 1$ یعنی اگر ایک سنک مطلق صفر پر دستیاب ہو تب منبع سے لی ہوئی تمام حرارت کام میں تبدیل ہو چکی ہوتی۔ تپش مطلق پیمانہ پر ایک منفی تپش کا مطلب انجن کی استعداد ایک سے زائد ہوگی یہ بیان تھرموڈائنامک کے دوسرے کلیہ کے مغائر ہے اس لیے تپش مطلق پر منفی تپش ناممکن ہے۔

تپش مطلق کا عملی طور پر حصول(Practical Realization of Absolute Scale):

کیلون کے تپش مطلق کے پیمانے کا راست حصول ممکن نہیں لیکن یہ کامل گیس پیمانے کے عین مطابق ہے اس لیے مستقل حجم یا دباؤ پر ہائیڈروجن گیس تھرمامیٹر جو تپش ریکارڈ کرتا ہے وہ تپش مساوی ہے جو ایک تپش مطلق کے پیمانے سے حاصل ہوتی ہے۔ جو تپش ہائیڈروجن گیس تھرمامیٹر سے پیمائش کی جاتی ہے اس کی تصحیح کر کے اسے متعلقہ کامل گیس تھرمامیٹر کے مشاہدات میں حاصل کیا جاتا ہے۔ کیلون کی تپش اور کامل گیس تپش کی یکسانیت کو ہم ذیل میں ثابت کریں گے۔

فرض کیجئے کہ کیلون کے پیمانے پر گرم منبع کی تپش τ_1اور سرد غرقہ (سنک) کی تپش τ_2ہے کارنوٹ انجن کی استعداد جو ان دو تپشوں پر کام کرتا ہے اس کی مساوات ہوگی۔

$$\eta = 1 - \frac{\tau_2}{\tau_1} \qquad \text{-------(7.11)}$$

اگر منبع اور سنک کی تپشوں کو بالترتیب کامل گیس کے پیمانے پر T_1اور T_2سے ظاہر کیا جائے تب

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \qquad \text{----------(7.12)}$$

مساوات(7.11)اور(7.12)کا تقابل کرنے پر

$$\frac{\tau_2}{\tau_1}(\text{کیلون کا پیمانہ}) = \frac{T_2}{T_1}(\text{کامل گیس کا پیمانہ})$$

جہاں τ کیلون کے پیمانے پر تپش اور T کامل گیس کے پیمانے پر تپش ہے۔

اس طرح کیلون تپش τ اور کامل گیس تپش T آپس میں عددی طور پر (Numerically) ایک دوسرے کے مساوی ہیں۔

7.4 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

دو کارنوٹ انجن A اور B ہم سلسلہ جوڑ دیئے گئے۔ انجن A 900K پر حرارت حاصل کرتا ہے اور TK پر مسترد کرتا ہے۔ دوسرا انجن B اس مسترد کردہ حرارت کو جذب کرتا ہے اور پھر سنک کو 400K پر مسترد کرنا ہے تو تپش T کی قیمت معلوم کیجئے جب کہ دونوں انجنوں کی استعداد مساوی ہو؟

حل: دیا گیا ہے کہ انجن A کے لیے $T_1 = 900K$ $T_2 = T_0 = ?$ استعداد $= \eta_1$

دوسرے انجن B کے لیے $T_1 = T = ?$ $T_2 = T_2 = 400K'$ استعداد $= \eta_2$

A کی استعداد $\eta_1 = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

B کی استعداد $\eta_2 = \frac{T_2 - T\prime}{T}$

$$\because \eta_1 = \eta_2$$

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{T - 400}{T}$$

$$\frac{900 - T}{900} = \frac{T - 400}{T}$$

$$900T - T^2 = 900T - 360000$$

$$T^2 = 360000$$

$$T = 600K$$

حل شدہ مثال 2

دو کارنوٹ انجن A اور B کی استعداد مساوی جب کہ منبع اور سنک کی تپش A کے لیے 1000K اور 500K ہے اور B کے لیے T اور 1000K ہے تب T کی قیمت معلوم کیجئے۔

حل: انجن A کے لیے $T_1 = 1000K$ اور $T_2 = 500k$

انجن Bکے لیے؟ $T_2 = 1000k \;\; T_1 = ?$

دیا گیا ہے کہ $\eta_1 = \eta_2$

$$1 - \frac{T_2}{T} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$1 - \frac{500}{1000} = 1 - \frac{1000}{T'_1}$$

$$\frac{500}{1000} = \frac{1000}{T'_1}$$

$$T'_0 = \frac{1000 \times 1000}{500}$$

$$T_1 = 2000k$$

حل شدہ مثال 3

ایک ریفرجریٹر ایک ریورسیبل سائیکل میں تپش 300kاور400k کے درمیان کام کرتا ہے۔ تب اس کی کارکردگی کی شرح معلوم کیجیے؟

حل: $\eta_1 = ? \; T_1 = 400k \; T_2 = 300k$

ایک ریفریجریٹر کی کارکردگی کی شرح

$$K = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$K = \frac{300}{400 - 300} = \frac{300}{100} = 3$$

$$k = 3$$

7.5 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- دو تپشوں کے درمیان کام کررہے کسی بھی انجن کی استعداد کارنوٹ انجن سے زیادہ نہیں ہوتی۔
- کارنوٹ دور دو ہم تپشی اور دو ہم حرنا گزار اعمال پر مشتمل ہوتا ہے۔
- تپش مطلق پر مبنی تپش ممکن نہیں۔

- حرنا گزار عمل کے دوران وہ حر حراری خاصیت جو مستقل رہتی ہے وہ انٹروپی کہلاتی ہے۔ ایک نظام کے سالمات کی بے قاعدگی کی پیائش انٹروپی کہلاتی ہے ایک رجعت پذیر عمل میں انٹروپی میں تبدیلی صفر ہوتی ہے۔ جبکہ غیر رجعت پذیر اعمال میں نظام کی انٹروپی میں اضافہ ہوتا ہے۔
- تمام ٹھوس اشیاء کی حراری گنجائش مطلق صفر کے قریب ہوجاتی ہے اور اس تپش پر ہر شئے کی اندرونی توانائی اور انٹروپی آپس میں مساوی ہوجاتی ہیں۔ اسے حر حرکیات کا تیسرا کلیہ یا نرنسٹ کا حراری کلیہ کہتے ہیں۔

7.6 کلیدی الفاظ (Keywords)

- صفر مطلق (Absolute Zero): حر حرکیاتی تپش پیمانہ کی اقل ترین حد۔ جس پر ذرات کی توانائی اقل ترین ہوتی ہے جسے زیرو پوائنٹ توانائی کہتے ہیں۔ سنٹی گریڈ پیاہ پر اس کی قیمت $-273K$ ہوتی ہے۔
- ہم تپشی عمل: ایسا عمل جس میں نظام کی تپش مقتل رہتی ہے۔ $dU = 0$
- حرنا گزار عمل: ایسا عمل جس میں نظام کی حرارت مستقل رہتا ہو۔ $dQ = 0$
- ہم خطی طریقہ: جس میں نظام کا دباؤ مستقل رہتا ہو۔ $dP = 0$
- ہم حجمی عمل: جس میں نظام کا حجم مستقل رہتا ہے۔ $dV = 0$

7.7 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

7.7.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. ایک کامل گیس کے لیے (1) دباؤ اور حجم (2) تپش اور حجم میں ایڈیا بیٹک رشتہ لکھے۔
2. حرارت کے نظریہ کی وضاحت کیجئے۔
3. (i) ایک ریور سیبل عمل (ii) اور ایک ارریور سیبل عمل میں انٹروپی میں کیا تبدیلی ہوتی ہے؟
4. ایک ایڈیا بیٹک عمل میں کون سی طبیعی مقدار مستقل رہتی ہے۔

(a) تپش (b) حرارت

(c) حجم (d) دباؤ

5. ایک تھرموڈائنامک عمل میں تپش مستقل رہتی ہے یہ عمل ہے۔

(a) آئیسوتھرمل (b) ایڈیا بیٹک

(c) آئیسوکورک (d) آئیسوبارک

6. ایڈیا بیٹک عمل میں تھرموڈئنامک کا پہلے کلیہ کی مساوات ہوگی۔

(a) $dQ - dw$ (b) $dQ = -dw$

(c) $dU = -dw$ (d) $dU - dW$

7. تھرموڈائنامک کا کون سا کلیہ ایک نظام میں تپش کے مساوی ہونے کے رجحان کی وکالت کرتا ہے۔

(a)صفری کلیہ   (b)پہلا کلیہ

(c)دوسرا کلیہ   (d)تیسرا کلیہ

8. حرارت از خود ایک سرد جسم سے گرم جسم کو منتقل نہیں ہو سکتی یہ بیان ہے۔

(a)کیلون کا   (b)کلاسیس کا

(c)میکس ویل کا   (d)بولٹز من کا

9. کون سی مساوات کلاسیس تھیورم کو ظاہر کرتی ہے۔

(a) $\oint \frac{dQ}{T} = 0$ (b) $\int \frac{d\emptyset}{T} \neq 0$

(c) $\oint \frac{dQ}{T} > 0$ (d) $\int \frac{dQ}{T} < 0$

7.7.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. نظام اور ماحول اور تھرمل ایکوی لیبریم کی وضاحت کیجیے۔
2. تھرموڈائنامک کے دوسرا کلیہ کیلون اور کلاسیس کی رقوم میں بیان کیجیے۔ کیا یہ دونوں بیانات مساوی ہیں؟

7.7.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. تھرموڈائنامکس کا دوسرا کلیہ بیان کیجیے اور اس کی وضاحت کیجیے۔ کیلون کے پیمانہ تپش کو بیان کیجیے اور اس کی اہمیت بیان کیجیے۔
2. ریورسیبل اور اررپورسیبل اعمال کیا ہیں؟ وضاحت کیجیے کہ ہر ایک عمل میں انٹروپی میں کیا تبدیلیاں واقع ہوتی ہیں؟

7.7.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. ایک ریورسیبل انجن منبع سے 527^0 تپش پر حرارت حاصل کرتا ہے اور سنک کو 127^oC پر مسترد کرتا ہے اگر انجن کی طاقت $750w$ ہو تو منبع سے حاصل کردہ حرارت کی مقدار معلوم کرو۔ (جواب: 150^oJ)
2. ایک ریفریجریٹر 0°C پر پانی سے حرارت جذب کرتا ہے اور اسے 27^0C پر مسترد کرتا ہے۔ تب 100kg کو جو O^0C پر اسی تپش پر برف میں تبدیل کرنے کے لیے درکار معلوم کرو۔ (جواب $3.36 \times 10^{-6} j$)

7.8 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th}& 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics-Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 8۔ ناگارگی

(Entropy)

اکائی کے اجزا

8.0 تمہید
8.1 مقاصد
8.2 ناکارگی (انٹروپی)
8.3 ایک رجعت پذیر عمل میں انٹروپی میں تبدیلی
8.4 ایک غیر رجعت پذیر عمل میں انٹروپی میں تبدیلی
8.5 ناکارگی کی رقوم میں حر حرکیات کا دوسرا کلیہ
8.6 حل شدہ مثالیں
8.7 اکتسابی نتائج
8.8 کلیدی الفاظ
8.9 نمونہ امتحانی سوالات
8.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات
8.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات
8.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات
8.9.4 غیر حل شدہ سوالات
8.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد

8.0 تمہید(Introduction)

ہم پڑھ چکے ہیں کہ ایک آئسو تھرمل عمل میں ایک جسم کی تپش مستقل رہتی ہے جب کہ ایک ایڈیا بیٹک عمل میں نہ نظام سے حرارت لی جاتی ہے اور نہ نظام کو دی جاتی ہے جب ایک گیس کو ایڈیا بیٹک طریقے سے پچکایا جاتا ہے تب گیس پر کام کیا جاتا ہے جس کی وجہ سے حراری توانائی اور تپش دونوں میں اضافہ ہوتا ہے جب کہ گیس کوئی کام انجام دیتی ہے (گیس کا ایڈیا بیٹک پھیلاؤ) اس کی حراری توانائی اور تپش دونوں میں کمی واقع ہوتی ہے جس سے ظاہر ہے کہ ایک ایڈیا بیٹک عمل میں نہ تو تپش اور نہ ہی حرارت مستقل رہتی ہے۔

اینٹروپی ایک سائنسی تصور ہے، نیز ایک قابل پیائش جسمانی خاصیت، جو عام طور پر خرابی، بے ترتیبی، یا غیر یقینی صورتحال سے وابستہ ہے۔ اصطلاح اور تصور متنوع شعبوں میں استعمال ہوتا ہے، کلاسیکی تھرموڈینامکس سے، جہاں اسے پہلی بار تسلیم کیا گیا تھا، شماریاتی طبیعیات میں فطرت کی خوردبینی وضاحت، اور انفارمیشن تھیوری کے اصولوں تک۔ اس نے کیمسٹری اور فزکس، حیاتیاتی نظاموں اور زندگی سے ان کے تعلق، کاسمولوجی، معاشیات، سماجیات، موسمی سائنس، موسمیاتی تبدیلی، اور انفارمیشن سسٹم بشمول ٹیلی کمیونیکیشن میں معلومات کی ترسیل میں دور دراز کے اطلاقات پائے ہیں۔

8.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم:

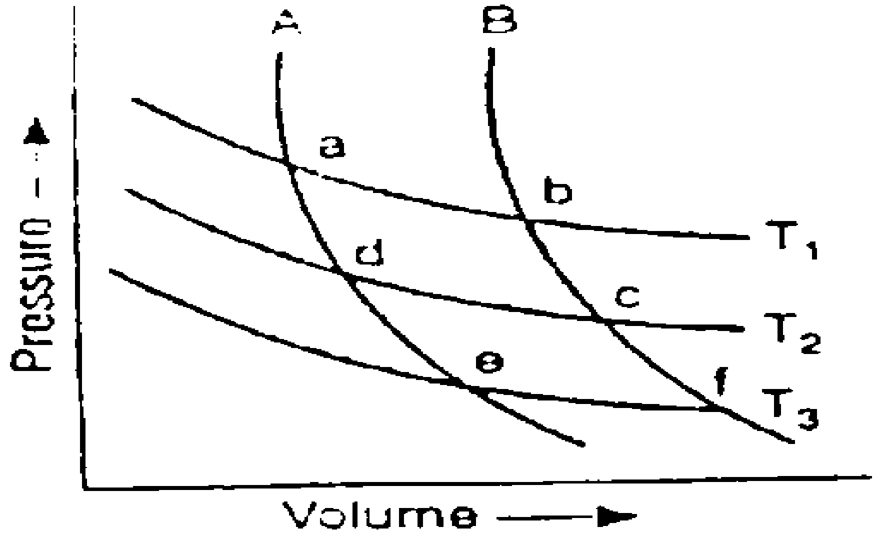
- ناکارگی (انٹروپی) کے بارے میں جانیں گے۔
- ایک رجعت پذیر عمل میں انٹروپی میں تبدیلیکے درمیان فرق کریں گے۔
- ایک غیر رجعت پذیر عمل میں انٹروپی میں تبدیلی کے درمیان فرق کریں گے۔
- ناکارگی کی رقوم میں حر حرکیات کا دوسرا کلیہ کا اظہار کریں گے۔

8.2 ناگارگی(Entropy)

کلاسیس نے یہ خیال ظاہر کیا جس طرح آئسو تھرمل عمل میں تپش مستقل رہتی ہے۔ اس طرح ایڈیا بیٹک عمل میں کچھ تو ہے جو مستقل رہتی ہے یہ مستقل رہنے والی شئے انٹروپی کہلاتی ہے اس طرح ایک جسم کی وہ حراری خاصیت جو ایڈیا بیٹک عمل کے دوران مستقل رہتی ہے انٹروپی کہلاتی ہے اسے S سے ظاہر کرتے ہیں اس کی اکائی JK^{-1} ہے اوپر کردہ خیال کی وضاحت حسب ذیل طریقے سے کی جاتی ہے۔

فرض کیجئے کہ کئی آئسو تھرمل اعمال تپش T_1, T_2, T_3 — — — — — پر ہیں اور ان کے حجم اور دباؤ ترسیم سے ظاہر کیے گئے ہیں جیسا کہ شکل (8.1) میں دکھایا گیا ہے۔ فرض کیجئے A اور B دو ایڈیا بیٹک اعمال ہیں جو آئسو تھرمل کو a اور c,b اور d پر قطع کرتے

ہیں۔مان لیجئے کہ منحنی abcda ایک کارنوٹ ریورسیبل انجن کے سائیکل کو ظاہر کرتی ہے کارکن شئے کی تپش T_1 اور T_2 ہے۔فرض کیجئے کہ تپش T_1 حاصل کردہ حرارت Q_1 اور Q_2 پر مسترد کردہ حرارت Q_2 ہے تب



شکل(8.1)

$$\frac{Q_1}{T_1}=\frac{Q_2}{T_2} \quad \text{یا} \quad \frac{Q_1}{Q_2}=\frac{T_1}{T_2}$$

تب

$$\frac{Q_1}{T_1}=\frac{Q_2}{T_2}=\frac{Q_3}{T_3}=---\frac{Q}{T}= \text{مستقل}$$

مقدار Q/T کارکن شئے کی ایک معین Definite حرارتی خاصیت ہے جسے انٹروپی کہتے ہیں۔

یہ دکھایا جاسکتا ہے کہ مقدار Q/T کی تبدیلی کے طریقے یعنی راستہ abcda یا راستہ abcba سے آزاد رہتی ہے۔ بالفاظ دیگر انٹروپی دباؤ حجم کی طرح ایک طبیعی خاصیت ہے لیکن اسے دباؤ حجم تپش یا اندرونی توانائی کی طرح ظاہر نہیں کیا جاسکتا۔ یہاں یہ بات ذہن نشین رکھنی چاہئے کہ کسی بھی شئے کی مطلق انٹروپی کی پیائش ممکن نہیں۔ ہم صرف ایک شئے کی انٹروپی میں تبدیلی کی پیائش کرسکتے ہیں جب کہ وہ ایک حالت سے دوسری حالت اختیار کرلیتی ہے۔

انٹروپی کی طبیعی اہمیت(Physical Significance of Entropy):

ایک شئے کی انٹروپی ایک حقیقی طبیعی خاصیت ہے اور ایک جسم کی حالت کی معین تفاعل ہے جیسے دباؤ، حجم، تپش اندرونی توانائی وغیرہ۔تریف کے لحاظ سے۔

$$\text{انٹروپی میں تبدیلی} = \frac{\text{حراری توانائی}}{\text{تپش}}$$

ایک سسٹم کی انٹروپی میں اضافے سے مراد ایک زیادہ حراری توانائی کی حالت سے کم حراری توانائی کی حالت کی طرف حراری توانائی کی تبدیلی تاکہ کام انجام دیا جاسکے۔

ایک نظام کے سالمات کی بے قاعدگی(Disorder) کی پیمائش انٹروپی کہلاتی ہے۔ انٹروپی سے مراد سالمات کا ایک زیادہ بالترتیب حالت(Order) سے کم بالترتیب حالت کو عبور کرتا ہے۔یعنی باقاعدگی سے بے قاعدگی کی طرف۔

انٹروپی کی پیمائش(Measurement of Entropy):

انٹروپی کی مطلق قیمت کی پیمائش ممکن نہیں اس لیے ہم ہمیشہ انٹروپی میں تبدیلی کی پیمائش کرتے ہیں۔ اگر dQ حرارت کی نہایت خفیف حاصل کردہ یا مسترد کردہ مقدار ہے تب انٹروپی میں تبدیلی ہوگی۔

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

جب شئے حالت A سے حالت B اختیار کرلیتی ہے تب انٹروپی میں تبدیلی ہوگی۔

$$S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T}$$

کیونکہ انٹروپی ایک ایسی خاصیت ہے جو ایک معین حالت سے وابستہ ہے اس لیے ہم اس کی پیمائش ایک اختیاری صفری حالت کے ذریعہ کرسکتے ہیں ہم کسی بھی حالت مثلاً حالت A کا انتخاب کرسکتے ہیں اور اسے P اور V کی خاص قیمتوں کے لیے صفری حالت کی انٹروپی سے ظاہر کرتے ہیں۔ لہٰذا حالت A کی انٹروپی اختیار کردہ صفری حالت پر ہوگی۔

$$S_B = \int_A^B \frac{dQ}{T}$$

اس تکملیہ کی قیمت معلوم کرنے کے لیے ہم ریورسیبل راستے d سے b کا انتخاب کریں گے جیسا کہ شکل(8.1) میں دکھایا گیا ہے۔

مان لیجئے کہ شئے ایک ایڈیابیٹک حالت سے آئسوتھرمل حالت کے ذریعہ دوسری ایڈیابیٹک حالت کو پہونچتی ہے جب کہ آئسوتھرمل حالت کی تپش T_2 ہے۔ تب انٹروپی میں اضافہ $\frac{Q_2}{T_2}$ ہوگا۔ c اور b تک ایڈائی بیٹک طریقے سے پہونچنے کے دوران انٹروپی مستقل رہتی ہے لہٰذا حالت b کو پہونچنے کے دوران مجموعی انٹروپی میں تبدیلی $\frac{Q_2}{T_2}$ ہوگی۔ دوبارہ ہم d سے b براہ da اور ab پہونچ سکتے ہیں d سے a تک پہونچنے کے دوران انٹروپی میں کوئی تبدیلی نہیں ہوگی جب کہ a سے b کے درمیان انٹروپی میں تبدیلی $\frac{Q_1}{T_1}$ ہوگی۔ لہٰذا ایک ریورسیبل دور کے لیے

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} = Sb$$

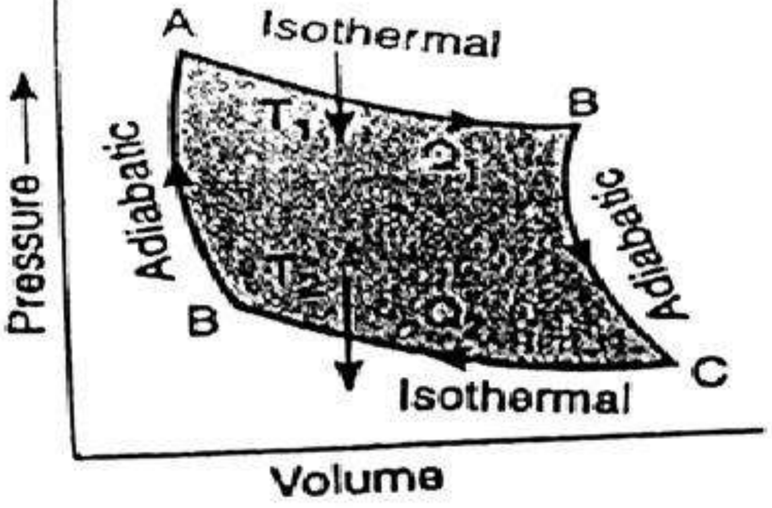
اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ انٹروپی کا انحصار صرف دو حالتوں پر ہوتا ہے۔

8.3 ایک رجعت پذیر عمل میں انٹروپی میں تبدیلی(Change in Entropy in a Reversable Process)

فرض کیجئے کہ ایک شئے کی انٹروپی میں تبدیلی کو ایک کارنوٹ ریورسیبل سائیکل میں شکل(8.2) میں ABCD سے ظاہر کیا گیا ہے۔ابتدائی حالت A سے کارکن شئے میں ایک آئسو تھرمل پھیلاؤ AB واقع ہوتا ہے۔اس دوران منبع سے Q_1 حرارت کی مقدار تپش T_1 پر حاصل کی جاتی ہے۔

لہٰذا انٹروپی میں اضافہ $\frac{Q_1}{T_1}$

ایڈیابیٹک پھیلاؤ BC کے دوران نہ حرارت جذب کی جاتی ہے نہ خارج کی جاتی ہے لہٰذا انٹروپی میں کوئی تبدیلی نہیں ہوگی۔آئسو تھرمل پچکاؤ CD کے دوران کارکن شئے T_2 تپش پر حرارت Q_2



شکل(8.2)

مسترد کرتی ہے لہٰذا انٹروپی میں کمی

$$=\frac{Q_2}{T_2}$$

آخر میں ایڈیابیٹک پچکاؤ DA کے دوران کارکن شئے کی انٹروپی مستقل رہتی ہے لہٰذا کارکن شئے کی انٹروپی میں سائیکل ABCDA کے دوران مجموعی تبدیلی ہوگی۔

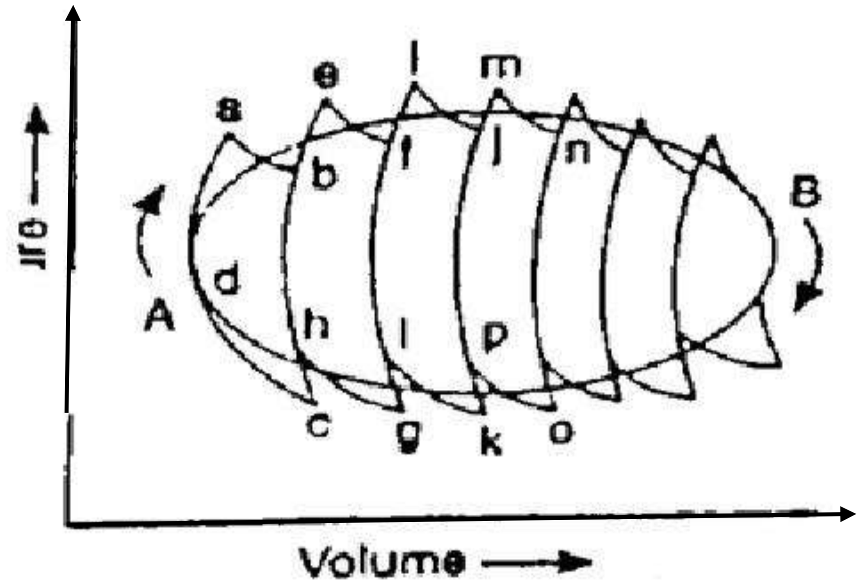
$$\Delta S = \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2}$$

لیکن کیلون کے تپش کے پیمانے کے بموجب ہم جانتے ہیں کہ $\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2}$

$$\therefore \Delta S = 0$$

لہٰذا کارنوٹ سیکل کے ریورسیبل دور میں کارکن شئے کی انٹروپی میں تبدیلی صفر ہوگی۔

اب ہم عام حالت میں کسی بھی ریورسیبل سائیکل $A \leftarrow B \leftarrow A$ پر غور کریں گے جیسا کل شکل(8.3) میں دکھایا گیا ہے۔



شکل(8.3)

فرض کیجئے کہ یہ کارنوٹ سائیکل کئی ادوار پر مشتمل ہے جیسے abcd, efgh, ijkp وغیرہ۔ ہم یہ تصور کریں گے کہ کارکن شئے $A \leftarrow B \leftarrow A$ کے بجائے تواتر میں ابتدائی کارنوٹ ادوار میں کام کرتی ہے تب ادوار کے منحنی bh, jpfl وغیرہ ایک دوسرے کو منسوخ کر دیتے ہیں کیونکہ یہ راستہ معکوس ترتیب میں دوبارہ طئے ہوتا ہے۔اس طریقے کا مجموعی اثر یہ ہوتا ہے کہ کارکن شئے پیچدار (Zig Zag) راستے abefi....ghcda سے گزرتی ہے ہر ابتدائی کارنوٹ دور کے لیے $ds = 0$

ہر ابتدائی کارنوٹ دور کا جمع لینے پر

$$\Delta S = \sum \frac{Q_1}{T_1} = 0$$

شکل سے ظاہر ہے کہ پیچدار راستہ منحنی ABA سے منطبق ہوتا ہے جب کہ ایڈیابیٹک ادوار بند ہوں یعنی یہ لامتناہی ہوں۔اس جمع کو بند دور کے تکمیلہ سے بدلنے پر

$$\Delta S = \oint \frac{Q_1}{T_1} = 0$$

"لہٰذا کسی بھی ریور سیبل دور کے لیے انٹروپی میں تبدیلی صفر ہوتی ہے۔"اس باین کو کلاسیس تھیورم بھی کہتے ہیں اس کو اس طرح بھی بیان کر سکتے ہیں۔

"آئیسو تھرمل تبدیلیوں کے دوران حرارت کے تبادلہ کا مجموعہ اگر ریور سیبل دور کے تپش مطلق سے تقسیم کیا جائے تو حاصل صفر ہوگا۔

8.4 ایک غیر رجعت پذیر عمل میں انٹروپی میں تبدیلی

(Change in Entropy in an Irreversible Process)

تمام ارریور سیبل اعمال میں نظام کی انٹروپی میں اضافہ ہوتا ہے۔ ارریور سیبل اعمال کی مثالیں حسب ذیل ہیں(1) ایصال حرارت (2) اشعاع حرارت (3) گیس کی نفوذ پذیری (4) رگڑ سے حرارت کی پیدائش (5) موصل سے برقی رو کا گذر وغیرہ۔

ایک عمل ارریور سیبل اس وقت کہلاتی ہے جب اسے مخالف سمت میں ہو بہو واپس لوٹایا نہ جاسکے۔ اس عمل میں حراری توانائی کو رگڑ کو زیر کرنے استعمال کیا جاتا ہے۔

ایک ارریور سیبل دور پر غور کیجئے۔ T_1 تپش پر Q_1 حرارت کی مقدار جذب ہوتی ہے اور T_2 تپش پر Q_2 حرارت کی مقدار مستر د ہوتی ہے تب اس سائیکل کو استعداد ہوگی۔

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

ہم جانتے ہیں کہ ایک ریور سیبل کارنوٹ سیکل کی استعداد ہوتی ہے۔

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

ایک ارریور سیبل سائیکل کی استعداد ریور سیبل سائیکل سے کم ہوتی ہے جب کہ دونوں یکساں تپش پر کام کر رہے ہیں۔

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} > 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} > \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{Q_2}{T_2} > \frac{Q_1}{T_1}$$

مثبت $\frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1} > 0$

لہٰذا تمام ارریور سیبل اعمال میں نظام کی انٹروپی میں اضافہ ہوتا ہے کیونکہ $T_1 > T_2$

8.5 ناکارگی کی رقوم میں حرحرکیات کا دوسرا کلیہ

(Second Law of Thermodynamics in Terms of Entropy)

انٹروپی کی رقوم میں تھرموڈائنامک کے دوسرے کلیہ کو اس طرح بیان کیا جاتا ہے۔

ایک قدرتی عمل جو ایک توازن کی حالت سے شروع ہو کر دوسری توازنی حالت پر ختم ہو اور ایسی سمت میں جاری رہے جو نظام اور ماحول کی انٹروپی میں اضافہ کرے۔ یا

"قدرت میں کیمیائی یا طبعی عمل اس طرح واقع ہو کہ مجموعی انٹروپی میں اضافہ ہو۔"

فرض کیجئے کہ S_1 اور S_2 ایک شئے کی ابتدائی حالت A اور انتہائی حالت B میں انٹروپی کو ظاہر کرتے ہیں جس کی پیائش ایک اختیار صفر سے ہوتی ہے تب

$$S_2 - S_1 \text{ انٹروپی میں تبدیلی} = \int_A^B \frac{dQ}{T} \qquad \text{--------(8.1)}$$

اگر دو حالتیں ایک دوسرے سے بالکل مشابہ ہوں تب اوپر کی مساوات ہوگی۔

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

$$dQ = dsT \qquad \text{--------(8.2)}$$

یہ تھرموڈائنامکس کے دوسرے کلیہ کی مساوات ہے۔

اب ہم بتلائیں گے کہ کلاسیس اور کیلون کے دوسرے کلیہ کے بیانات انٹروپی کی رقوم میں یکساں ہیں۔

کیلون کے دوسرے کلیہ کے مطابق ہم منبع سے توانائی حاصل کر کے مسلسل میکانکی کام نہیں کرسکتے جب تک کہ کم تپش پرسنک کو حراری توانائی مسترد نہ کی جائے لہٰذا کامل حراری انجن جیسے کسی انجن کا وجود نہیں۔ اگر کوئی کامل حراری انجن ہو تو ایک منبع جو T تپش پر ہے۔ اس سے Q حرارت لیتا ہے اس کی انٹروپی میں $\frac{Q}{T}$ کی کمی آنی چاہئے جب کہ نظام کی انٹروپی غیر متبدل رہتی ہے جس سے نظام جمع ماحول کی انٹروپی میں ایک خالص (net) کمی واقع ہوتی ہے۔ انٹروپی کی قوم میں یہ بیان دوسرے کلہ کی تکذیب کرتا ہے لہٰذا کامل حراری انجن جیسی کسی مشین کا وجود نہیں۔

دوسرے کلیے کے کلاسیس کے بیان کے مطابق کامل ریفریجریٹر جیسی کوئی مشین نہیں ہوسکتی۔ یعنی کہ ایک خودکار مشین کے لیے یہ ممکن نہیں کہ بغیر کسی بیرونی مدد کے ایک سرد جسم سے جس کی تپش $T2$ ہے Q حرارت کی مقدار ایک گرم جسم کو منتقل کرے جس کی تپش $T1$ ہے اگر کسی کامل ریفریجریٹر کا وجود ہوتا تو پست تپش والے منبع کی انٹروپی میں $\frac{Q}{T_1}$ کا ضافہ ہوتا لیکن اس کے برعکس نظام کی انٹروپی مستقل $\left(\frac{Q}{T_2} - \frac{Q}{T_1}\right)$ واقع ہونی چاہئے۔ یہ بیان انٹروپی کی رقوم میں دوسرے کلیہ کی تکذیب کرتا ہے لہٰذا کامل ریفریجریٹر جیسی کو مشین وجود نہیں رکھتی۔

8.6 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

20 گرام برف کو $0^0 C$ پر پانی میں تبدیل کیا گیا۔ تب انٹروپی میں تبدیلی معلوم کیجئے۔ دیا گیا ہے کہ برف کی حرارت مخفی

$$Lice = 80\ Cal/gm$$

حل: انٹروپی میں تبدیلی جب کہ $0^o C$ پر 20gm برف کو استی تپش پر پانی میں تبدیل کیا جائے۔

$$S_2 - S_1 = \Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{mLice}{T}$$

$$m = 20gm, Lice = {}^{cal}/_{gm}, T - 273 + 0 = 276k$$

$$\Delta S = \frac{2080}{273} = \frac{1600}{273} = 5.68cal/k$$

حل شدہ مثال 2

مستقل دباؤ پر ہیلیم کو 298K سے 1000K تک گرم کیا گیا۔ ہیلیم کی انٹروپی میں اضافہ معلوم کیجئے۔

حل: ایک گیس کس مستقل دباؤ پر گرم کرنے پر اس کی انٹروپی میں اضافہ

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

$$dS = mC_p \frac{T_2}{T_1}$$

$$m = 1, mole, Cp = {}^{5}/_{2}\ R = {}^{5}/_{2} \times 8.31, T_1 = 298k, T_2 = 1000k$$

$$dS = 1 \times \frac{5}{2} \times 8.31 \times 2.3031 \log_{10} \frac{1000}{298}$$

حل کرنے پر $dS = 25.16jk^{-1}mole^{-1}$

حل شدہ مثال 3

50 گرام پانی جو $0^0 C$ پر ہے اور 50 گرام پانی جو $80^o C$ پر دونوں کو آپس میں ملایا گیا۔ تب سرد پانی کی انٹروپی میں اضافہ معلوم کیجئے۔ دیا گیا ہے کہ پانی کی حرارت نوعی $4200Jkg^{-1}$ ہے۔

حل: گرم پانی اور سرد پانی کو ملانے پر اس آمیزہ کی تپش فرض کیجئے T ہے۔

$$S_1 = S_2 = 1, m_2 = 50gm, m_1 = 50gm, t_2 = 80^0 C, T_1 = 0c$$

$$T = \frac{m_1 s_1 t_1 + m_2 s_2 t_2}{M_1 S_1 + M_2 S_2}$$

$$T = \frac{50\times1\times0+50\times1\times80}{50\times1+50\times1} = \frac{50\times80}{100} = 40^0$$

پانی کی ابتدائی تپش $T_1 = 273 + 0 = 273k$

آمیزے کی تپش $T_2 = 273 + 40 = 313k$

انٹروپی میں تبدیلی $= mC_p \log_e \frac{T_2}{T_1}$

$$= \frac{50}{1000} \times 4200 \times 2.303 \log_{10} \frac{313}{273}$$

$$210 \times 2.303 \log_{10} 1.146$$

حل کرنے پر

انٹروپی میں اضافہ $= 28.7JK^{-1}$

حل شدہ مثال 4

1 کیلو گرام پانی -10^0C پر ہے اس کو مکمل طور پر 100^0C پر بھاپ میں تبدیل کیا گیا تب انٹروپی میں تبدیلی محسوب کیجئے۔

دیا گیا ہے کہ

(Cp) برف $= 2100j/kg$

(L) برف $= 3.36 \times 10^5 J/_{kg}$

(Cp) پانی $= 4200\ J/_{kg}$

(L) بھاپ $= 22.68 \times 10^5 J/_{kg}$

C^0- پر برف سے بھاپ میں تبدیلی 4 مرحلون میں ہوتی ہے۔ ہم ہر مرحلہ میں انٹروپی میں تبدیلی محسوب کریں گے۔

پہلا مرحلہ: ایک کیلو گرام برف کو -10^0C پر 0^0C پر برف میں تبدیل کرنے پر dS کی قیمت ہو گی۔

$$dS = m(cp)_{ice} \times \log_e \frac{T_2}{T_1} (T1 = 273 - 10 = 263k)$$

$$= 1 \times 2100 \times 2.30 \times \log_{10} \frac{273}{263} (T2 = 0)$$

$$dS = 78.38\ J/_{Kg}$$

دوسرا مرحلہ: 1kg برف کو جو 0^0C پر ہے اسی تپش پر پانی میں تبدیل کرنے پر dS ہو گی۔

$$dS = \frac{Q}{T} = \frac{mLice}{273=0} = \frac{1\times3.36\times10^5}{273} = 1230\,{}^{j}/_{kg}$$

تیسرا مرحلہ: 1 کیلو گرام پانی کو جو 0^oC پر ہے۔ 100^0C پر پانی میں تبدیل کرنے پر dS کی قیمت ہو گی۔

$$dS = m(Cp)_{\text{پانی}}{}^{x\log_e\frac{T_2(T_2=100+273=373)}{T_1\ \ (T_3=273+0=273)}}$$

حل کرنے پر $\qquad dS = 1311$

چوتھا مرحلہ: 1 کیلو گرام پانی کو 100^0C پر اسی تپش میں بھاپ میں تبدیل کرنے پر dS کی قیمت ہو گی۔

$$dS = \frac{mLiCe}{T} = \frac{1\times22.68\times10^5}{273}$$

$$= 6080\ {}^{J}/_{kg}$$

لہٰذا انٹروپی میں مجموعی تبدیلی

$$dS = 78.38 + 1230 + 1311 + 6080$$

$$dS = 8699 - 39\, J/kg$$

8.7 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- حرنا گزار عمل کے دوران وہ حر حراری خاصیت جو مستقل رہتی ہے وہ انٹروپی کہلاتی ہے۔ ایک نظام کے سالمات کی بے قاعدگی کی پیمائش انٹروپی کہلاتی ہے ایک رجعت پذیر عمل میں انٹروپی میں تبدیلی صفر ہوتی ہے۔ جبکہ غیر رجعت پذیر اعمال میں نظام کی انٹروپی میں اضافہ ہوتا ہے۔
- تمام ٹھوس اشیاء کی حراری گنجائش مطلق صفر کے قریب ہو جاتی ہے اور اس تپش پر ہر شئے کی اندرونی توانائی اور انٹروپی آپس میں مساوی ہو جاتی ہیں۔ اسے حر حرکیات کا تیسرا کلیہ یا نرنسٹ کا حراری کلیہ کہتے ہیں۔
- ایک پرفیکٹ گیس کی انٹروپی تپش اور حجم کی صورت میں (Entropy of a Gas Interms of T,V)

i. $$S_f = S_i = 2.302\left[C_v \log_{10}\left(\frac{T_f}{T_i}\right) = R\log_{10}\left(\frac{V_f}{V_i}\right)\right]$$

ii. T اور P کی رقوم میں $$S_f = S_i = 2.302\left[C_v \log_{10}\left(\frac{T_f}{T_i}\right) - R\log_{10}\left(\frac{P_f}{P_i}\right)\right]$$

iii. اور P اور V کی رقوم میں $$S_f = S_i = 2.3026\left[C_v \left(\frac{P_f}{P_i}\right) = C_p\log_{10}\left(\frac{V_f}{V_i}\right)\right]$$

- ایک شئے کو گرم کرنے پر اس کی انٹروپی میں تبدیلی(Entropy Change in Heating a Substance)

$$(\Delta S)_{\text{مائع}} = 2.3026mc \log_{10}\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

جہاں m = مائع کی کمیت c = مائع کی حرارت نوعی T_1 اور T_2 ابتدائی اور انتہائی تپش $(T_2 > T_1)$ لہٰذا یہ مثبت ہو گی۔

- برف کو اگر بھاپ میں تبدیل کریں تو انٹروپی میں تبدیل

$$\Delta S = \frac{ML_1}{T_1} + 2.303mc \log_{10}\frac{T_2}{T_1} = \frac{mL_2}{T_2}$$

جہاں m = برف کی کمیت T1 تپش پر، c = برف کی حرارت نوعی ، $L1$ = برف کی حرارت مخفی $0.336 \times$ $106j/kg = L2$ بھاپ کی حرارت مخفی $T2, 22.68 \times 105\ j/kg$ تپش پر

- ایصالیت اور اشعاع کے دوران انٹروپی میں تبدیلی

$$\Delta S = mc \log_e\left(\frac{T}{T+\Delta T}\right) + mc \log_e\left(\frac{T}{T-\Delta T}\right)$$

یا

$$\Delta S = mc \log_e\left(\frac{T_2}{T^2+\Delta T^2}\right)$$

ΔT تپش میں اضافہ کی

- انٹروپی میں تبدیلی جب مختلف تپش کے معائنات کو ملایا جائے

$$\Delta S = 2mc \log_{10}\left(\frac{\frac{T_1+T_2}{2}}{\sqrt{T_1}\sqrt{T_1}}\right)$$

8.8 کلیدی الفاظ(Keywords)

- حرحرکیاتی عمل: ایک ایسا عمل جس میں حراری توانائی میکانکی توانائی(کام) میں تبدیل کی جاتی ہے۔
- حرحرکیاتی نظام: ایک نظام جس میں اوپر بیان کردہ تبدیلی عمل میں آتی ہے۔
- حرحرکیاتی متغیرات یا محدد: طبیعی مقداریں جو ایک نظام کی حرحرکیاتی حالت کو بیان کرتی ہیں۔
- ناکارگی(Disorder): ایک نظام کا باقاعدہ حالت سے بے قاعدہ حالت کی طرف مائل ہونا۔
- حرارتی انجن: جو حرارت کو کام میں تبدیل کردے۔
- انٹروپی: ایک نظام کی بے قاعدگی کی پیمائش
- TS خاکہ: تپش اور انٹروپی کے درمیان ترسیم جس سے کئی فوائد حاصل ہوتے ہیں۔
- آزادانہ پھیلاؤ: ایک حرنا گزار عمل جس کے دوران کوئی کام نظام سے یا نظام پر نہیں کیا جاتا۔

8.9 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

8.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. انٹروپی کی تعرف کیجئے اور اس کی SI اکائی بیان کیجئے۔
2. انٹروپی کی رقوم میں حرحرکیات کا دوسرا کلیہ بیان کیجئے۔
3. 3انٹروپی کی طبعی افادیت بیان کیجئے۔۔
4. حرارت ازخود ایک سرد جسم سے گرم جسم کو منتقل نہیں ہوسکتی یہ بیان ہے۔

(a) کیلون کا (b) کلاسیس کا

(c) میکس ویل کا (d) بولٹزمن کا

5. ایک گیس کے پھیلاؤ یا پچکاؤ کی مساوات = PV^n ہے اگر $n = 1$ ہو تب یہ تبدیلی ہوگی۔

(a) ایڈیابیٹک (b) آئیسوبارک

(c) آئیسوکورک (d) آئیسوتھرمل

6. ایک ریورسیبل عمل میں سسٹم کی انٹروپی میں

(a) اضافہ ہوتا ہے (b) کمی ہوتی ہے

(c) صفر ہوتی ہے (d) مستقل رہتی ہے

7. کون سی مساوات کلاسیس تھیورم کو ظاہر کرتی ہے۔

$\oint \frac{dQ}{T} = 0$ (a) $\int \frac{d\emptyset}{T} \neq 0$ (b)

$\oint \frac{dQ}{T} > 0$ (c) $\int \frac{dQ}{T} < 0$ (d)

8.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. انٹروپی کیا ہے؟ بتلائے کہ ایک ریورسیبل عمل میں انٹروپی مستقل رہتی ہے؟
2. انٹروپی اور بے قاعدگی پر ایک نوٹ لکھئے۔
3. کائنات کی انٹروپی پر نوٹ لکھئے۔

8.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. ریورسیبل اور اررریورسیبل اعمال کیا ہیں؟ وضاحت کیجئے کہ ہر ایک عمل میں انٹروپی میں کیا تبدیلیاں واقع ہوتی ہیں؟
2. انٹروپی تپش خاکہ کیا ہے؟ TS خاکے کے ذریعہ کارنوٹ انجن کی استعداد کی مساوات اخذ کیجئے۔

8.9.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. ایک تار سے جس کی مزاحمت 25Ω ہے۔10amp برقی رو 1 سکنڈ کے لیے گزاری گئی جب کہ تار کی تپش 27^0C پر مستقل رکھی گئی۔تب (1) تار کی انٹروپی میں کیا تبدیلی ہوگی (2) کائنات کی انٹروپی میں کیا تبدیلی ہوگی۔(جواب 6.33 j/k)
2. ایک نظام کی انٹروپی میں تبدیلی محسوب کیجیے جو ایک کیلو گرام برف پر مشتمل ہے جو 0^0C پر ہے اسے اسی تپش پر پانی میں تبدیل کیا گیا۔$Lice = 80\ cal/gm$

   $\left(291.6\ cal/k \text{ جواب}\right)$
3. 10 کیلو گرام برف جو 0^0C پر ہے اسے 2^0C میں تبدیل کیا گیا تو انٹروپی میں تبدیلی معلوم کیجئے۔(جواب: $3.001\ kcal/\text{k}$)

8.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th}& 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 9۔ توانائی کے انحطاط کا کلیہ

(Law of Degradation of Energy)

اکائی کے اجزا

9.0 تمہید
9.1 مقاصد
9.2 توانائی کے انحطاط کا کلیہ
9.3 ناکارگی اور بے قاعدگی
9.4 TS خاکہ
9.5 نرنسٹ تھیورم یا حرحرکیات کا تیسرا کلیہ
9.6 حل شدہ مثالیں
9.7 اکتسابی نتائج
9.8 کلیدی الفاظ
9.9 نمونہ امتحانی سوالات
9.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات
9.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات
9.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات
9.9.4 غیر حل شدہ سوالات
9.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد

9.0 تمہید(Introduction)

ہم پڑھ چکے ہیں کہ ایک نظام کی انٹروپی ایک ریورسیبل عمل میں مستقل رہتی ہے لیکن تمام ارریورسیبل اعمال میں انٹروپی میں اضافہ ہوتا ہے لہٰذا کائنات کی انٹروپی میں ریورسیبل اعمال کی وجہ سے کوئی تبدیلی نہیں ہوتی جب کہ ارریورسیبل (قدرتی) اعمال کی وجہ سے کائنات کی انٹروپی میں اضافہ ہوتا ہے کیونکہ تمام قدرتی اعمال ذاتی طور پر ارریورسیبل ہوتے ہیں اس لیے کائنات کی انٹروپی میں اضافہ ہوتا ہے۔

کسی نظام کی دستیاب توانائی اس کے درجہ حرارت یا دباؤ کے کم ہونے اور آس پاس کے توازن تک پہنچنے کے ساتھ کم ہو جاتی ہے۔ جب حرارت کسی نظام سے منتقل ہوتی ہے تو اس کا درجہ حرارت کم ہو جاتا ہے اور اس وجہ سے اس کی توانائی کا معیار خراب ہو جاتا ہے۔ انحطاط زیادہ ہے کیونکہ توانائی کا نقصان ایک جیسا ہو سکتا ہے، لیکن معیار کے لحاظ سے نقصانات مختلف ہیں۔ جبکہ پہلا قانون یہ کہتا ہے کہ توانائی ہمیشہ مقدار کے لحاظ سے محفوظ کی جاتی ہے، دوسرا قانون اس بات پر زور دیتا ہے کہ توانائی ہمیشہ معیار کے لحاظ سے گرا دیتی ہے۔ جب کسی گیس کو ہائی پریشر والے علاقے سے کم دباؤ والے علاقے میں adiabatically تھروٹل کیا جاتا ہے تو، enthalpy(یا توانائی فی یونٹ ماس) مستقل رہتی ہے، لیکن توانائی یا دستیاب کام میں کمی ہوتی ہے۔ ایک موصل پائپ کے ذریعے بہنے والے سیال کی رگڑ کی وجہ سے دباؤ میں کمی کے لیے بھی یہی چیز اچھی ہے۔ اگر تھرموڈینامکس کا پہلا قانون توانائی کے تحفظ کا قانون ہے تو تھرموڈینامکس کا دوسرا قانون توانائی کے انحطاط کے قانون کے نام سے بھی جانا جاتا ہے۔

9.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- توانائی کے انحطاط کا کلیہ کے بارے میں جانیں گے۔
- ناکارگی اور بے قاعدگی کے درمیان فرق کریں گے۔
- TS خاکہ کی تعریف کریں۔
- نرنسٹ تھیورم یا حرحرکیات کا تیسرا کلیہ کے بارے میں جانیں گے۔

9.2 توانائی کے انحطاط کا کلیہ یا ناکارگی اور دستیاب اور غیر دستیاب توانائی

(Law of Degradation of Energy)

توانائی کے انحطاط کے کلیہ کے بموجب "کائنات کی دستیاب توانائی صفر کی طرف مائل ہو رہی ہے۔" یہ اس حقیقت پر مبنی ہے کہ جب کبھی ارریورسیبل عمل واقع ہوتا ہے کائنات کی ایک معین مقدار کی توانائی ایک دستیاب شکل سے ایک غیر دستیاب شکل میں تبدیل

ہوتی ہے تا کہ کام انجام دیا جاسکے۔ ایک کارنوٹ انجن میں فرض کیجئے کہ گرم جسم سے Q_1 اور T_1 تپش پر حاصل کی گئی Q_2 حرارت T_2 تپش پر سرد جسم کو دی گئی اس طرح $(Q_1 - Q_2)$ حرات کی مقدار کام میں تبدیل ہوتی ہے اس کو دستیاب توانائی کہتے ہیں۔

$$\text{دستیاب توانائی} = Q_1 - Q_2 = Q_1\left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right)$$

$$= Q_1\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \because \left(\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}\right)$$

اس طرح سرد جسم کی تپش T_2 جس قدر کم ہوگی دستیاب توانائی اتنی ہی زیادہ ہوگی اگر $T_2 = T_0$ ہو تب۔

$$\text{دستیاب توانائی} = Q_1\left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right)$$

اب ہم ایک جسم سے T_0 تپش پر ارریورسیبل طریقے سے دوسرے جسم کو T_2 $(T_1 > T_2)$ تپش پر۔

حرارت کی ایصالیت پر غور کریں گے۔ فرض کیجئے حرارت کی ایک مقدار Q ایک بلند تپش والے جسم سے کم تپش والے جسم کو منتقل ہوتی ہے۔ اگر نظام میں دستیاب اقل ترین تپش T_0 ہو تب۔

$$\text{تبادلہ سے قبل دستیاب توانائی} = Q\left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right)$$

$$\text{تبادلہ کے بعد دستیاب توانائی} = Q\left(1 - \frac{T_0}{T_2}\right)$$

$$\text{دستیاب توانائی کا نقصان} = Q\left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right) - Q\left(1 - \frac{T_0}{T_2}\right)$$

$$= Q\left(\frac{T_0}{T_2} - \frac{T_0}{T_1}\right)$$

$$n = T_0\left(\frac{Q}{T_2} - \frac{Q}{T_1}\right)$$

$$\because \frac{Q}{T_2} - \frac{Q}{T_1} = ds$$

$$\text{دستیاب توانائی کا نقصان} = T_0 ds \quad \text{-----}(9.1)$$

جہاں ds انٹروپی میں تبدیلی ہے۔

مساوات (9.1) سے ظاہر ہے کہ انٹروپی میں اضافہ ہو رہا ہے جب کہ دستیاب توانائی میں کمی ہو رہی ہے چونکہ قدرت میں ارریورسیبل اعمال مسلسل جاری ہیں جس سے کائنات کی انٹروپی میں مسلسل اضافہ ہو رہا ہے اور دستیاب توانائی میں مسلسل کمی واقع ہو رہی ہے۔

9.3 ناکارگی اور بے قاعدگی(Entropy and Disorder)

ایک شئے میں سالمات کی باقاعدہ(Order)میں ترتیب کا یہ مطلب یہ ہے کہ ہم اس لمحہ پر یقین ہیں کہ اس شئے میں سالمات کی ترتیب درست ہے اور سالمات کی بے قاعدہ ترتیب سے مراد سالمات کی بے ترتیبی۔ ایک گیس میں ہم سالمات کی صحیح ترتیب بیان نہیں کرسکتے کیونکہ وہ بے ترتیب حرکت میں رہتے ہیں۔ مائعات میں سالمات کی ترتیب کم بے قاعدہ رہتی ہے کیونکہ مائع کے سالمات گیس کے سالمات کی طرح آزادانہ حرکت نہیں کرسکتے۔ اس کے برعکس ٹھوس میں سالمات باقاعدہ ترتیب میں رہتے ہیں کیونکہ یہ بین سالماتی قوت سے جکڑے رہتے ہیں۔ اس سے ظاہر ہے کہ جب کوئی ٹھوس شئے گیس میں تبدیل ہوتی ہے بے قاعدگی(Disorder)میں اضافہ ہوتا ہے۔ اس سے یہ بھی ظاہر ہے کہ بے قاعدگی سے انٹروپی میں اضافہ ہوتا ہے۔ اس کے برعکس بیان بھی درست ہے یعنی جب کوئی شئے پانی میں تبدیل ہوتی ہے پھر اسے برف میں تبدیل کیا جائے تو سالمات کی باقاعدہ اور انٹروپی میں کمی واقع ہوتی ہے لہٰذا کسی نظام کی بے قاعدگی کے درجہ(Degree)کی پیمائش انٹروپی کہلاتی ہے جو سالمات میں پائی جاتی ہے اس بیان کو صحیح ثابت کرنے ہم ذیل کی مثالوں پر غور کریں گے۔

1. آزادانہ پھیلاؤ(Free Expansion)

فرض کیجئے ایک برتن A میں ایک گیس بھری گئی اور اسے دوسرے خالی برتن B سے ایک ٹونٹی سے جوڑ دیا گیا۔ فرض کیجئے کہ ٹوٹی کو اچانک کھول دیا گیا تب سالمات برتن B میں داخل ہوجائیں گے اس حالت میں سالمات کی حرکت پہلے کی بہ نسبت اور زیادہ بے قاعدہ ہوجائے گی۔ ہم جانتے ہیں کہ گیس کا آزادانہ پھیلاؤ ایک ارریورسیبل عمل ہے یعنی انٹروپی میں اضافہ ہوتا ہے اس سے یہ ثابت ہوتا ہے کہ انٹروپی کے ساتھ بے قاعدگی میں اضافہ ہوتا ہے۔

2. ایصال حرارت(Heat Conduction)

ایصال حرارت ایک ارریورسیبل عمل ہے لہٰذا اس عمل میں انٹروپی میں اضافہ ہوتا ہے۔ دو اجسام پر غور کیجئے جن کی تپش T_1 اور T_2 ہے اور یہ ایک دوسرے سے حالت تماس میں رکھے گئے۔ ایصال حرارت کے بعد وہ ایک مشترکہ تپش T حاصل کرتے ہیں۔ ایصال حرارت سے قبل ہم برتن A اور B کے سالمات تپش T_2 پر ہیں جس کی وجہ سے ان کی rms اسپیڈ الگ ہوگی۔ ایصال حرارت کے بعد ہم سالمات کے درمیان درجہ بندی نہیں کرسکتے کیونکہ نظام کے سالمات کی تپش یکساں ہوگی جس کی وجہ سے ان کی 1rms اسپیڈ بھی یکساں ہوگی اس طرح یہ بیان کہ ایک جسم ایک تپش T_1 پر اور دوسرا جسم تپش T_2 پر زیادہ وضاحت کے ساتھ قابل بیان بالترتیب (Orderly) ہوں گے بہ نسبت اس بیان کہ دو اجسام جو یکساں تپش پر ہے کم وضاحت کے ساتھ قابل بیان (بے ترتیب Disorder) ہوں گے۔ لہٰذا حراری ایصالیت میں ایک نظام بڑی بے قاعدہ حالت سے گزرتا ہے۔ اس طرح انٹروپی کے ساتھ بے قاعدگی میں اضافہ ہوتا ہے۔

9.4 TSخاکہ(TS Diagram)

ایک ترسیم جو تپش اور انٹروپی کے درمیان کھینچی جائے TSخاکہ یا تپش انٹروپی ڈیاگرام کہلاتی ہے۔

ایک کارنوٹ دور پر غور کیجئے تب کارکن شئے میں حسب ذیل تبدیلیاں واقع ہوتی ہیں جس کو شکل(9.1) میں دکھایا گیا ہے۔

i. آئیسوتھرمل پھیلاؤ جب کہ منبع کی تپش T_1 ہو۔

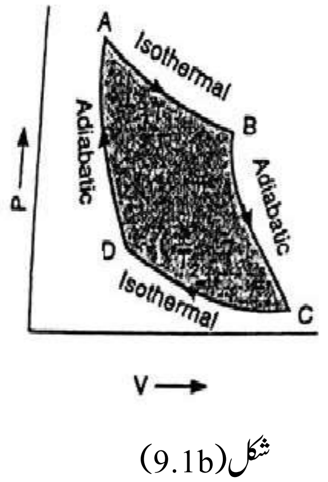
ii. آئیسوتھرمل پچکاؤ جب کہ تپش میں T_1 سے T_2 تک گراوٹ آتی ہے۔

iii. آئیسوتھرمل پچکاؤ جب کہ سنک کی تپش T_2 ہو۔

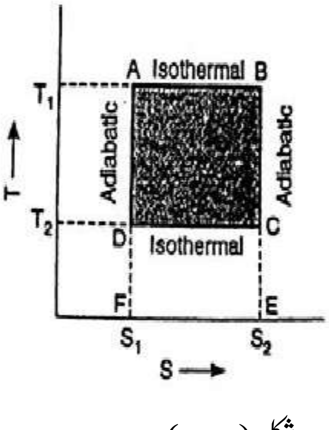
iv. ایڈیابیٹک پچکاؤ اس طرح کہ تپش میں T_2 سے T_1 تک اضافہ ہوتا ہے (کارکن شئے کی ابتدائی تپش) ان عمال کو شکل (9.1a) میں P-V ترسیم میں دکھایا گیا ہے متعلقہ TS ترسیم شکل(9.1b) میں دکھائی گئی ہے۔

TS ترسیم کی وضاحت ذیل میں ہم اس طرح بیان کرتے ہیں۔

ہم جانتے ہیں کہ ایک آئیسوتھرمل عمل میں انٹروپی میں خطی طور پر (Linearly) تبدیلی واقع ہوتی ہے اور ایڈیابیٹک عمل میں یہ مستقل رہتی ہے۔ شکل (9.1) کے مطاق مستقل پر T_1 پر آئیسوتھرمل پھیلاؤ AB کے دوران کارکن شئے کی انٹروپی میں S_1 سے S_2 تک اضافہ ہوتا ہے جب کہ ایڈیابیٹک پھیلاؤ BC کے دوران انٹروپی میں کوئی تبدیلی نہیں آتی۔ لیکن تپش میں T_1 سے T_2 تک گراوٹ آتی ہے۔ آئیسوتھرمل پچکاؤ CD کے درمیان انٹروپی میں S_2 اور S_1 تک کمی آتی ہے آخر میں ایڈیابیٹک پچکاؤ DA کے دوران انٹروپی مستقل رہتی ہے جب کہ تپش میں T_2 اور T_1 تک اضافہ ہوتا ہے۔ اس طرح TS ترسیم ایک مستطیلی ترسیم ہے TS ترسیم کا رقبہ ایک ریورسیبل عمل میں کارآمد کام کے لیے دستیاب حراری توانائی کو ظاہر کرتا ہے۔



شکل(9.1b)



شکل(9.1a)

شکل(9.1)

فرض کیجئے کہ S_1 اور S_2 بالترتیب نقاط A اور B کی انٹروپی کو ظاہر کرتے ہیں۔ آئیسو تھرمل پھیلاؤ AB میں انٹروپی S_1 سے S_2 تک تبدیل ہوتی ہے لہٰذا انٹروپی میں اضافہ $= (S_2 - S_1)$

فرض کیجئے کہ آئیسو تھرمل پھیلاؤ AB کے دوران کارکن شئے کی جذب کردہ حرارت کی مقدار Q_1 ہے اور آئیسو تھرمل پچکاؤ CD کے دوران مسترد کردہ حرارت کی مقدار Q_1 ہے تب۔

$$Q_1 = T_1(S_2 - S_1) \qquad \because (dQ = TS)$$

$$Q_1 = AF \times AB$$

$$Q_1 = ABEF \quad \text{رقبہ} \text{-------}(9.2)$$

اسی طرح

$$Q_2 = T_2(S_2 - S_1)$$

$$= DF \times DC$$

$$Q_2 = DCEF \quad \text{رقبہ} \text{-------}(9.3)$$

ہر دور میں کارآمد کام کے لیے دستیاب حرارت کی مقدار

$$Q_1 - Q_2 = ABEF \text{ رقبہ} \; DCEF \text{ رقبہ ۔}$$

$$= ABCD \quad \text{رقبہ} \text{-----}(9.4)$$

اس طرح TS ترسیم سے حرارت کی دستیاب توانائی حاصل ہوتی ہے جسے کارآمد کام میں تبدیل کیا جاسکتا ہے۔

اور اس کی استعداد حسب ذیل طریقے سے معلوم کی جاتی ہے۔

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{ABCD \text{ رقبہ}}{ABEF \text{ رقبہ}} = \frac{AB \times AD}{AB \times AF}$$

$$= \frac{AD}{AF} = \frac{T_1 - T_2}{T} \text{-----}(9.5)$$

اس طرح TS ترسیم پر $\frac{AD}{AF}$ کے درمیان نسبت سے ہمیں استعداد کی قیمت حاصل ہوتی ہے۔

TS خاکے کے استعمالات (Uses of TS Diagram):

a. اسے علم موسمیات (Meteorology) میں استعمال کیا جاتا ہے۔

b. اس کے ذریعہ ایک انجن کی کارکردگی (Performance) میں نقائص کی نشاندہی کی جاتی ہے۔

c. ایک حراری انجن کی استعداد کی جانچ کی جاسکتی ہے۔

d. استعمال کیے گئے ایندھن کی کام کی قیمت (Work Value) معلوم کی جاسکتی ہے۔

ہم حجمی (Isochoric) اور ہم خطی (Isobaric) ڈھلان کی منحنیاں:

جب ریور سیبل عمل میں حرارت کا تبادلہ عمل میں آتا ہے تب ہم جانتے ہیں کہ

$$dQ = TdS \qquad \text{-------}(9.6)$$

اگر گیس کا ایک مول مستقل حجم (آ ئیسو کورک) طریقہ پر گرم کیا جائے اور اس کی تپش T ہو تب

$$dQ = CvdT \qquad \text{---------}(9.7)$$

اگر گیس کو مستقل دباؤ (آئسو پارک طریقہ) پر گرم کیا جائے تب

$$dQ = CpdT \qquad \text{---------}(9.8)$$

مساوات (9.6) اور (9.8) کو ملانے پر

$$TdS = CvdT$$

$$\frac{dT}{dS} = \frac{T}{Cv} \qquad \text{------}(a)$$

جہاں $\frac{dT}{dS}$ TS خاکے پر آئسو کورک منحنی کی ڈھلان ہے۔

اسی طرح مساوات (1) اور (3) کو ملانے پر

$$\frac{dT}{dS} = \frac{T}{Cp} \qquad \text{-------}(b)$$

جہاں $\frac{dT}{dS}$ $T - S$ کے پر آئسو پارک منحنی کی ڈھلان ہے۔

چونکہ $Cp > Cv$ آئیسو کورک منحنی کو ڈھلان آئیسو پارک منحنی کی ڈھلان سے بڑی ہوتی ہے۔

$$\frac{\text{آئیسو کورک منحنی کی ڈھلان}}{\text{آئی سوبار کمنحنی کی ڈھلان}} = \frac{\frac{T}{Cv}}{\frac{T}{Cp}} = \frac{Cp}{Cv} = r$$

9.5 حر حرکیات (تھرموڈائنامک) کا تیسرا کلیہ (نرنسٹ کا کلیہ)

(Third Law of Thermodynamic (Nerst Theorem))

Nernst نے 1906ء میں کم تپش پر جوہری حرارت کے مسئلہ پر سلسلہ وار تجربات کیے اور اس کے مشاہدات کو حرارت کا نیا تھیورم یا تھرموڈائنامک کا تیسرا کلیہ یا نرنسٹ کا حراری کلیہ بھی کہتے ہیں۔ اس کلیہ کے مطابق

"تمام ٹھوس اشیائ کی حراری گنجائش (Thermal Capacities) صفری تپش مطلق کے قریب پہونچنے پر صفر ہو جاتی ہیں اور اس تپش پر ہر شئے کی اندرونی توانائی اور انٹروپی آپس میں مساوی ہو جاتی ہے اور متقاربی انداز سے (Asymptotically) ایک مشترک قیمت پر پہونچ جاتی ہے" یہ کلیہ نہ تو تھرموڈائنامک کے پہلے اور نہ دوسرے کلیہ کی ترجمانی کرتا ہے بلکہ یہ تھیورم صفری تپش مطلق کے قریب اجسام کے طبع کے برتاؤ کی وضاحت کرتا ہے۔ اس کلیہ کی مدد سے ہم انٹروپی کی مطلق قیمت معلوم کرسکتے ہیں اس کے علاوہ تھرمو ڈائنامک خصوصیات مثلاً Helmhoz اور Gibbs کی آزاد توانائی وغیرہ کی طبیعی تشریح بھی کرسکتے ہیں۔

9.6 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

مستقل دباؤ پر ہیلیم کو 298K سے 1000K تک گرم کیا گیا۔ ہیلیم کی انٹروپی میں اضافہ معلوم کیجئے۔

حل: ایک گیس کس مستقل دباؤ پر گرم کرنے پر اس کی انٹروپی میں اضافہ

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

$$dS = mC_p \frac{T_2}{T_1}$$

$$m = 1, mole, Cp = {}^5/_2\ R = {}^5/_2 \times 8.31, T_1 = 298k, T_2 = 1000k$$

$$dS = 1 \times \frac{5}{2} \times 8.31 \times 2.3031 \log_{10} \frac{1000}{298}$$

حل کرنے پر $dS = 25.16jk^{-1}mole^{-1}$

حل شدہ مثال 2

50 گرام پانی جو $0^0 C$ پر ہے اور 50 گرام پانی جو $80^o C$ پر دونوں کو آپس میں ملایا گیا۔ تب سرد پانی کی انٹروپی میں اضافہ معلوم کیجئے۔ دیا گیا ہے کہ پانی کی حرارت نوعی $4200Jkg^{-1}$ ہے۔

حل: گرم پانی اور سرد پانی کو ملانے پر اس آمیزہ کی تپش فرض کیجئے T ہے۔

$$S_1 = S_2 = 1, m_2 = 50gm, m_1 = 50gm, t_2 = 80^0C, T_1 = 0c$$

$$T = \frac{m_1 s_1 t_1 + m_2 s_2 t_2}{M_1 S_1 + M_2 S_2}$$

$$T = \frac{50\times1\times0+50\times1\times80}{50\times1+50\times1} = \frac{50\times80}{100} = 40^0$$

پانی کی ابتدائی تپش $T_1 = 273 + 0 = 273k$

آمیزے کی تپش $T_2 = 273 + 40 = 313k$

انٹروپی میں تبدیلی $= mC_p \log_e \frac{T_2}{T_1}$

$$= \frac{50}{1000} \times 4200 \times 2.303 \log_{10} \frac{313}{273}$$

$$210 \times 2.303 \log_{10} 1.146$$

حل کرنے پر

انٹروپی میں اضافہ $= 28.7JK^{-1}$

حل شدہ مثال3

1 کیلو گرام پانی -10^0C پر ہے اس کو مکمل طور پر 100^0C پر بھاپ میں تبدیل کیا گیا تب انٹروپی میں تبدیلی محسوب کیجئے۔

دیا گیا ہے کہ

(Cp)برف $= 2100j/kg$

(L)برف $= 3.36 \times 10^5 J/_{kg}$

(Cp)پانی $= 4200\ J/_{kg}$

(L)بھاپ $= 22.68 \times 10^5 J/_{kg}$

$-C^0$ پر برف سے بھاپ میں تبدیلی4 مرحلون میں ہوتی ہے۔ ہم ہر مرحلہ میں انٹروپی میں تبدیلی محسوب کریں گے۔

پہلا مرحلہ: ایک کیلو گرام برف کو -10^0C پر 0^0C پر برف میں تبدیل کرنے پر dS کی قیمت ہو گی۔

$$dS = m(cp)_{ice} \times \log_e \frac{T_2}{T_1} (T_1 = 273 - 10 = 263k)$$

$$= 1 \times 2100 \times 2.30 \times \log_{10} \frac{273}{263} (T2 = 0)$$

$$dS = 78.38\ J/_{Kg}$$

دوسرا مرحلہ: 1kg برف کو جو 0^0C پر ہے اسی تپش پر پانی میں تبدیل کرنے پر dS ہو گی۔

$$dS = \frac{Q}{T} = \frac{mLice}{273=0} = \frac{1\times3.36\times10^5}{273} = 1230^j/_{kg}$$

تیسرا مرحلہ: 1 کیلو گرام پانی کو جو 0^oC پر ہے۔ 100^0C پر پانی میں تبدیل کرنے پر dS کی قیمت ہو گی۔

$$dS = m(Cp)_{\text{پانی}}\, x \log_e \frac{T_2 (T_2 = 100+273 = 373)}{T_1 \ (T_3 = 273+0 = 273)}$$

حل کرنے پر $dS = 1311$

چوتھا مرحلہ: 1 کیلو گرام پانی کو 100^0C پر اسی تپش میں بھاپ میں تبدیل کرنے پر dS کی قیمت ہو گی۔

$$dS = \frac{mLiCe}{T} = \frac{1 \times 22.68 \times 10^5}{273}$$
$$= 6080 \ {}^{J}/_{kg}$$

لہٰذا انٹروپی میں مجموعی تبدیلی

$$dS = 78.38 + 1230 + 1311 + 6080$$
$$dS = 8699 - 39 \, J/kg$$

9.7 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- تمام ٹھوس اشیاء کی حراری گنجائش مطلق صفر کے قریب ہو جاتی ہے اور اس تپش پر ہر شئے کی اندرونی توانائی اور انٹروپی آپس میں مساوی ہو جاتی ہیں۔ اسے حرحرکیات کا تیسرا کلیہ یا نرنسٹ کا حراری کلیہ کہتے ہیں۔
- جہاں T_i, P_i, V_i بالترتیب ابتدائی حجم دباؤ اور تپش اور V_2, D_2 اور T_2 انتہائی کی دباؤ حجم پر گیس کی حرارت نوی اور $Cp =$ مستقل دباؤ پر گیس کی حرارت نوعی

9.8 کلیدی الفاظ (Keywords)

- نظام : وہ طبیعی جز جس پر توجہ مرکوز ہو۔
- ماحول : نظام کے ماسوا باقی کائنات
- TS خاکہ : تپش اور انٹروپی کے درمیان ترسیم جس سے کئی فوائد حاصل ہوتے ہیں۔
- آزادانہ پھیلاؤ: ایک حرنا گزار عمل جس کے دوران کوئی کام نظام سے یا نظام پر نہیں کیا جاتا۔

9.9 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

9.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. حراری انجن کیا ہے؟ اس کے اجزاء کے نام لکھئے۔

2. حرارت کے نظریہ کی وضاحت کیجئے۔

3. TS خاکے کی اہمیت اور استعمالات بیان کیجئے۔

4. کلیہ انحطاط توانائی کو بیان کیجئے۔

5. دستیاب توانائی اور انٹروپی میں تعلق بیان کیجئے۔

6. ایک ایڈیا بیٹک عمل میں کون سی طبیعی مقدار مستقل رہتی ہے۔

(a) تپش (b) حرارت

(c) حجم (d) دباؤ

7. ایک تھرموڈائنامک عمل میں تپش مستقل رہتی ہے یہ عمل ہے۔

(a) آئیسو تھرمل (b) ایڈیا بیٹک

(c) آئیسو کورک (d) آئیسوبارک

8. تھرموڈائنامک کا کون سا کلیہ ایک نظام میں تپش کے مساوی ہونے کے رجحان کی وکالت کرتا ہے۔

(a) صفری کلیہ (b) پہلا کلیہ

(c) دوسرا کلیہ (d) تیسرا کلیہ

9. حرارت از خود ایک سرد جسم سے گرم جسم کو منتقل نہیں ہو سکتی یہ بیان ہے۔

(a) کیلون کا (b) کلاسیس کا

(c) میکس ویل کا (d) بولٹز من کا

10. ایک ریورسیبل عمل میں سسٹم کی انٹروپی میں

(a) اضافہ ہوتا ہے (b) کمی ہوتی ہے

(c) صفر ہوتی ہے (d) مستقل رہتی ہے

11. کون سی مساوات کلاسیس تھیورم کو ظاہر کرتی ہے۔

$\oint \frac{dQ}{T} = 0$ (a) $\int \frac{d\emptyset}{T} \neq 0$ (b)

$\oint \frac{dQ}{T} > 0$ (c) $\int \frac{dQ}{T} < 0$ (d)

9.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. انٹروپی کیا ہے؟ بتلائے کہ ایک ریورسیبل عمل میں انٹروپی مستقل رہتی ہے؟

2. انٹروپی اور بے قاعدگی پر ایک نوٹ لکھئے۔

3. تھر موڈائنامکس کے تیسرے کلیہ (نرنسٹ تھیورم) کو بیان کیجئے۔

4. کائنات کی انٹروپی پر نوٹ لکھئے۔

9.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. ریورسیبل اور اررریورسیبل اعمال کیا ہیں؟ وضاحت کیجئے کہ ہر ایک عمل میں انٹروپی میں کیا تبدیلیاں واقع ہوتی ہیں؟

2. انٹروپی تپش خاکہ کیا ہے؟ TS خاکے کے ذریعہ کارنوٹ انجن کی استعداد کی مساوات اخذ کیجئے۔

9.9.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. ایک تار سے جس کی مزاحمت 25Ω ہے۔ 10amp برقی رو 1 سکنڈ کے لیے گزاری گئی جب کہ تار کی تپش 27^0C پر مستقل رکھی گئی۔ تب (1) تار کی انٹروپی میں کیا تبدیلی ہوگی (2) کائنات کی انٹروپی میں کیا تبدیلی ہوگی۔

(جواب (1) 0 (2) $6.33\ j/k$)

2. ایک نظام کی انٹروپی میں تبدیلی محسوب کیجئے جو ایک کیلوگرام برف پر مشتمل ہے جو 0^0C پر ہے اسے اسی تپش پر پانی میں تبدیل کیا گیا۔ $Lice = 80\ cal/gm$

(جواب $291.6\ cal/k$)

3. 10 کیلوگرام برف جو 0^0C پر ہے اسے 2^0C میں تبدیل کیا گیا تو انٹروپی میں تبدیلی معلوم کیجئے۔ (جواب: $3.001\ kcal/k$)

9.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5th& 6th)
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.

اکائی 10۔ حرحرکیاتی قوہ

(Thermodynamic Potentials)

اکائی کے اجزا

10.0 تمہید

10.1 مقاصد

10.2 حرحرکیاتی قوہ

10.3 میکس ویل کے حرحرکیاتی رشتے

10.4 کلاسیسیس۔کلاپیران مساوات

10.5 حل شدہ مثالیں

10.6 اکتسابی نتائج

10.7 کلیدی الفاظ

10.8 نمونہ امتحانی سوالات

10.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

10.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

10.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

10.8.4 غیر حل شدہ سوالات

10.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد

10.0 تمہید(Introduction)

حر حر کیاتی قوہ ایک میز انیہ ہے جو ایک نظام کی حر حر کیاتی حالت کو بیان کرتی ہے۔ تھر موڈائنامک قوہ کا نظریہ 1866ء میں Perri Duhem نے پیش کیا۔ تھر موڈائنامک قوہ ایک کیمیائی تعامل کی توازنی نتیجہ کی پیائش میں اہم کردار ادا کرتی ہیں۔ کچھ مناسب پابندیوں کے ساتھ تھر موڈائنامک قوہ ایک حر حر کیاتی نظام سے دستیاب مجموعی حرارت کی مقدار کا تخمینہ کرنے کے لیے بھی استعمال کیے جاتے ہیں۔

تھر موڈائنامک قوہ مختلف متغیرات کی رقوم میں ایک نظام کی توانائی کی پیائش کے لیے استعمال کیے جاتے ہیں۔ ایک متشاکل نظام کے حر حر کیاتی حالت کو ہم چند منتخب متغیرات مثلاً دباؤ(P)، حجم(V)، تپش(T)وانٹروپی(S) کی رقوم میں بیان کرتے ہیں۔ ان چار متغیرات میں کوئی دو آزادانہ متغیر ہوتے ہیں اور باقی دو ان کے تفاعل مانے جاتے یہں۔ جس طرح میکانیات میں توانائی بالقوہ کو کام کرنے کی صلاحیت مانا جاتا ہے۔ اس طرح تھر موڈائنامک قوہ میں بھی ہر ایک قوم کے الگ کام اور معنی ہیں۔ جو حسب ذیل ہیں:

1. اندرونی توانائی(U) Internal Energy: یہ کام کرنے کی صلاحیت اور حرارت بہ پہونچانے کی صلاحیت رکھتی ہے۔
2. گبس توانائی(G) Gibb's Energy: یہ غیر مکانیکی کام کرنے کی صلاحیت رکھتی ہے۔
3. انتھالپی(H)Enthalpy: یہ غیر میکانکی کام اور حرارت بہم پہونچانے کی صلاحیت رکھتی ہے۔
4. ہلمہوز آزاد توانائی(F) Helmholz Free Energy: یہ میکانکی اور غیر میکانکی کام کرنے کی صلاحیت رکھتی ہے۔

اب ان قوہ کا ہم تفصیل سے مطالعہ کریں گے۔

10.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- حر حر کیاتی قوہ کی تعریف کریں گے۔
- میکس ویل کے حر حر کیاتی رشتے کو حاصل کریں گے۔
- کلاسیسیس۔کلا پیران مساوا تکو حاصل کریں گے۔

10.2 حر حر کیاتی قوہ(Thermodynamic Potentials)

ان چار تھوموڈئنامک متغیرات کے درمیان کچھ خاص رشتے پائے جاتے ہیں۔ جنھیں ہم اخذ کریں گے۔ ہم جانتے ہیں کہ تھر موڈئنامک کا پہلا اور دوسرا کلیہ

$$dQ = du + PdV \qquad \text{-----------10.1}$$

$$dQ = Tds \qquad \text{-----------10.2}$$

مساوات (10.1) اور (10.2) کو ملانے پر

$$Tds = dU + PdV$$

$$dU = Tds - PdV \quad \text{-----------}10.3$$

یہ ایک بنیادی مساوات ہے جو پہلے اور دوسرے کلیے کو جوڑتی ہے۔

یہ ایک تھرموڈائنامک نظام کی مکمل حرارت کچھ اور رشتے بھی درکار ہیں۔ اس کے لیے ہم متغیرات T, V, P اور S کے تفاعل، توانائی کی رقوم میں حاصل کریں گے۔ جنہیں حرحرکیاتی قوہ (تھرموڈائنامک پوٹنشل) کہتے ہیں۔ یہ تھرموڈائنامک قوہ یا تفاعل بنیادی تھرموڈائنامک متغیرات کو ملا کر حاصل کیے جاتے ہیں۔ یہ تھرموڈائنامک پوٹنشل ہیں (1) اندرونی توانائی (2) ہلمہوز تفاعل (F) (3) انتھالپی (مجموعی توانائی تفاعل (H) (4) گبس تفاعل (G)۔ ان چار مقداروں کو تھرموڈائنامک پوٹنشل کہتے ہیں۔ یہ چار مقداریں تھرموڈائنامکس کے ایک نظام کی حالت کو ظہار کرتے ہے۔

ہم جانتے ہیں کہ ایک بقائی میکانکی نظام حالت توازن میں رہتا ہے جب نظام کی توانائی بالقوہ اقل ترین ہو اسی طرح تھرموڈائنامیکل نظام بھی توازن میں رہتا ہے۔ جب تھرموڈائنامک پوٹنشل کی قیمت اقل ترین ہو۔ ان قوہ یا تفاعل کا ہم یکے بعد دیگرے مطالعہ کریں گے۔

1. اندرونی توانائی (Internal Energy(U))

ایک نظام کو اس کے سالمات کی حرکت اور ترکیب سے حاصل توانائی "اندرونی توانائی" کہلاتی ہے۔ تھرموڈائنامک کے پہلے کلیہ کے مطابق متغیرات میں U ایک ایسا تفاعل ہے جو نظام کی خصوصیات بیان کرتا ہے۔ جب ایک نظام ایک حالت سے دوسری حالت کو پہونچتا ہے تو اس کی اندرونی توانائی میں تبدیل کا انحصار اختیار کردہ راستے پر نہیں ہوتا بلکہ اس کا انحصار ابتدائی اور انتہائی پر ہوتا ہے۔ ایک مکمل سائیکل کے لیے اندرونی توانائی میں تبدیلی صفر ہوتی ہے۔ اندرونی توانائی میں تبدیلی کی مساوات ہوگی۔

$$\because dQ = dU + PdV$$

$$dU = dQ - PdV$$

اس مساوات میں $dQ = Tds$ درج کرنے پر

$$dU = Tds - PdV \quad \text{----------}(10.4)$$

مساوات (3) کا جزوی تفرق بلحاظ تھرموڈائنامک متغیرات (V, S) لینے پر

$$\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_v = T \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_s = -P \quad \text{--------}(10.5)$$

یہ رشتے اندرونی توانائی U کو متغیرات V, T, S اور P سے جوڑتے ہیں۔

چونکہ dU ایک کامل تفریق ہے لہٰذا

$$\frac{\partial}{\partial V}\left(\frac{\partial U}{\partial s}\right)_v = \frac{\partial}{\partial s}\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_s$$

مساوات (10.5) سے قیمتیں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_s = -\left(\frac{\partial p}{\partial s}\right)_v \quad \text{----------(A)}$$

یہ میکس ویل کا پہلا تھرموڈائنامک رشتہ ہے۔

2. ہلمہوز کا تفاعل F (Helmholz Function)

تھرموڈائنامک کے پہلے اور دوسرے کلیہ کی رو سے ہم جانتے ہیں کہ:

$$dU = Tds - PdV$$

ایک ایسے طریقے پر غور کیجئے جس میں نظام اور ماحول کے درمیان حرارت کا تبادلہ عمل میں آتا ہے۔ اس دوران تپش مستقل رہتی ہے۔

تب

$$T\, d\, s = d(TS)$$

TdS کی اس قیمت کو اوپر کی مساوات میں درج کرنے پر

$$dU = d(TS) - PdV$$

یا

$$d\,(U - TS) = -PdV$$

درج کرنے پر $U - TS = F$ -------(10.6)

$$dF = PdV = -dw$$

$F = U - TS$ ہلمہوز آزاد توانائی یا ہلمہوز تفاعل یا تفاعل کام کہلاتا ہے۔ اس طرح نظام پر انجام دیا ہوا کام مساوی ہوتا ہے۔ ہلمہوز تفاعل میں کمی کے۔ جب ایک نظام کے معکوس عمل میں خفیف سی تبدیلی ہوتی ہے جب کہ وہ ابتدائی توازنی حالت سے انتہائی توازنی حالت کو پہونچتا ہے۔ تب ہلمہوز فنکشن میں بھی تبدیلی واقع ہوتی ہے جس کی قیمت ہو گی۔

$$dF = dU - Tds - SdT$$

لیکن

$$dU = Tds - PdV$$

لہٰذا

$$dF = Tds - PdV - Tds - SdT$$

$$dF = -SdT - PdV \quad \text{-----(10.7)}$$

جہاں V اور T آزاد متغیر ہیں۔

مساوات (10.7) کا جزوی تفرق لینے پر

$$\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = -P \text{ اور } \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_v = -S \text{-------}(10.8)$$

چونکہ dF ایک کامل تفرق ہے۔ لہٰذا

$$\frac{\partial}{\partial V}\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_v = \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T$$

مساوات (10.8) سے قیمتیں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \qquad \text{---------}(B)$$

یہ میکس ویل کا دوسرا تھرموڈائنامک رشتہ ہے۔

3. مجموعی حراری تفاعل یا انتھالپی (Enthalpy or Total Heat Function)

انتھالپی ایک جامع اور وسیع تھرموڈائنامک خاصیت ہے اس کی ریاضی شکل ہے۔

$$H = U + PV \qquad \text{---------}(10.9)$$

H مستقل دباؤ حرارت سے متعلق معلومات فراہم کرتا ہے۔ جس طرح U مستقل حجم پر حرارت سے متعلق معلومات فراہم کرتا ہے۔ اس لیے یہ مستقل دباؤ پر حراری تفاعل بھی کہلاتا ہے۔

مساوات (10.9) کا تفرق لینے پر

$$dH = dU + PdV + VdP$$

درج کرنے پر $dU = Tds - PdV$

$$dH = Tds - PdV + PdV + VdP$$

$$dH = Tds + VdP$$

S اور P کو آزاد متغیر مانتے ہوئے H کا جزوی تفریق لینے پر

$$\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P = T \text{ اور } \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S = V \text{----------}(10.10)$$

چونکہ dH ایک کامل تفرق ہے اس لیے

$$\frac{\partial}{\partial P}\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P = \frac{\partial}{\partial s}\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S$$

مساوات (10.10) سے قیمتیں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P \qquad \text{---------}(c)$$

یہ میکس ویل کا تیسرا تھرموڈائنامک رشتہ کہلاتا ہے۔

4. گبس تفاعل G (Gibb's Function)

ہم جانتے ہیں کہ انتھالپی کی مساوات $H = U + PV$

تب انتھالپی میں تبدیلی ہو گی

$$dH = dU + PdV + VdP$$

$dU = Tds - PdV$ درج کرنے پر

$$dH = Tds - PdV + PdV = +VdP$$
$$dH = Tds + VdP$$

اگر یہ عمل آئسو تھرمل ہو تب $Tds = d(TS)$ اور اگر آئسوبارک ہو تب $dp = 0$

تب $dH = d(TS)$

$$d(H - TS) = 0$$

یا $H - TS =$ ایک مستقل

یہ گبس کا تفاعل کہلاتا ہے جس کو G سے ظاہر کرتے ہیں اس طرح

$$G = H - TS \quad \text{-------}(10.11)$$

مساوات (10.11) سے ظاہر ہے کہ آئیسو تھرمل اور آئسوبارک عمل میں تفاعل G مستقل رہتا ہے۔

جب ایک نظام کے معکوس عمل میں خفیف سے تبدیل ہوتی ہے تب گبس تفاعل میں بھی تبدیلی واقع ہوتی ہے جس کی قیمت ہو گی۔

$$dG = dH - Tds - sdT$$
$$dG = (Tds + VdP) - Tds - sdT$$
$$dG = VdP - sdt$$

اس مساوات میں آزاد متغیر P اور T ہیں لہٰذا اجزوی تفرق لینے پر

$$\left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_T = V \text{ اور } \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_P = S \quad \text{-------}(10.12)$$

چونکہ dG ایک کامل تفرق ہے اس لیے

$$\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_T = \frac{\partial}{\partial P}\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_S$$

مساوات (10.12) سے قیمتیں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = -\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T \quad \text{-------}(D)$$

یہ میکس ویل کا چوتھا رشتہ کہلاتا ہے۔

اس طرح چار تھرموڈائنامک قوہ $G\ (T,P); H(S,P); F(T,V); U(S,T)$ سے ہمیں چار تھرموڈائنامک رشتے حاصل ہوتے ہیں جو میکس ویل رشتے کہلاتے ہیں۔

اہمیت: تھرموڈائنامک قوہ عملی طور پر ایک نظام کی توازنی حالت کے مطالعہ میں اہمیت کے حاصل ہیں۔ اندرونی توانائی ایک جامع خاصیت ہے جس کی قیمت کا انحصار مطالعہ نظام کی مادے کی مقدار پر ہوتا ہے۔ ایک عمل جس میں تپش T اور حجم V مستقل رہتے ہیں (آئسوتھرمل اور آئسوکورک اعمال) اس کے لیے توازنی شرط ہوگی۔

$$dF = 0$$

جہاں $dF = -PdV - ST$ اس طرح ایک آئیسوتھرمل کورک اعمال میں وہی حالتیں قیام پذیر (Stable) ہوں گی جس میں بلمبوز کی آزاد توانائی کی قیمت اقل ترین ہو۔ ہم دیکھ چکے ہیں کہ کسی بھی عمل میں بلمبوز آزادانہ توانائی مساوی ہوتی ہے نظام کے انجام دیے ہوئے ریورسل بیرونی کام کے $(-dF = dw)$ ہم جانتے ہیں ریورسیبل انجام دیا ہوا کام اعظم ترین کام ہے۔ جو ایک حالت میں دی ہوئی تبدیلی سے حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح ایک آئیسوتھرمل عمل میں بلمبوز فری انرجی میں کمی اعظم ترین کام کی پیمائش ہے جو حالت کی تبدیلی سے حاصل ہوتا ہے۔

انتھالپی H ایک تھرموڈائنامک نظام کی اہم خاصیت ہے۔ مستقل دباؤ پر انتھالپی میں تبدیلی مساوی ہے ایک نظام کو دی ہوئی حرارت کی مقدار کے۔

گبس فری انرجی G نظام کی ایک خاص خصوصیت ہے اس کا انحصار نظام کی تھرموڈائنامک حالت پر ہوتا ہے۔ ایک آئیسوتھرمل، آئیسوبارک عمل میں $dG = 0$ جس کا مطلب یہ ہے کہ گبس کا تفاعل ایک اقل ترین قیمت رکھتا ہے۔

10.3 میکس ویل کے حر حرکیاتی رشتے (Maxwell Thermodynamic Relations)

ہم نے تھرموڈائنامک قوہ کا استعمال کرتے ہوئے میکس ویل کے تھرموڈائنامک رشتے اخذ کیے۔ اب ہم ان رشتوں کو تھرموڈائنامک کے کلیات کا استعمال کرتے ہوئے اخذ کریں گے۔

ایک یکساں نظام کی حالت کو ہم مکمل طور پر معلوم کرسکتے ہیں اگر ہم اس کی کمیت اور تھرموڈائنامک متغیرات V, U, T اور P میں سے کسی دو واقف ہوں۔ اگر V اور T معلوم ہوں تو ہم اندرونی توانائی U مکمل طور پر تعین کرسکتے ہیں کیونکہ U تفاعل ہے حجم V اور تپش T کا۔

پانچ تھرموڈائنامک متغیرات S, P, V, U, T کے درمیان کچھ رشتے ہیں جن سے چار بہت اہمیت کے حامل ہیں جو میکس ویل کے تھرموڈائنامک رشتے کہلاتے ہیں ان رشتوں کو تھرموڈائنامک کے دو کلیات کی مدد سے حاصل کیا جاسکتا ہے۔ جو حسب ذیل ہیں:

پہلا کلیہ $dQ = dU = PdV$ ----------(10.13)

دوسرا کلیہ $dQ = Tds$ ---------(10.14)

ان کلیات کا تفاعل کرنے پر $dU = PdV = Tds$

$dU + Tds - PdV$ ----------(10.15)

ہم پانچ متغیرات میں سے کوئی دو آزاد متغیرات x اور y کا انتخاب کریں گے جو ایک دی ہوئی کمیت کے نظام کی حالت کا تعین کرتے ہیں۔ x اور y کو کسی دو متغیرات سے تبدیل کیا جاسکتا ہے۔ فرض کیجئے کہ S, U اور V تفاعل ہیں x اور y کے لہٰذا

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_y dx + \left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)_x dy$$

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)_y dx + \left(\frac{\partial S}{\partial y}\right)_x dy \text{------}(10.16)$$

اور

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_y dx + \left(\frac{\partial V}{\partial y}\right)_x dy$$

مساوات (10.16) سے ds, du اور dv کی قیمتیں مساوات (10.15) میں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_y dx + \left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)_x dy = T\left[\left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)_y dx + \left(\frac{\partial S}{\partial y}\right)_x dy\right] - P\left[\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_y dx + \left(\frac{\partial V}{\partial y}\right)_x dy\right] \text{---}(10.17)$$

مساوات (10.17) ایک مماثلت (identify) کو ظاہر کرتی ہے اس لیے طرفین کے عددی سروں کا تقابل کرنے پر

$$\left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_y = T\left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)_x - P\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_y \text{------}(10.18)$$

اور

$$\left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)_x = T\left(\frac{\partial S}{\partial y}\right)_x - P\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_x \text{--------}(10.19)$$

مساوات (10.18) کا تفرق بلحاظ y اور مساوات (10.19) کا بلحاظ x لینے پر

$$\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial x} = \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_x \left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)_y + T\frac{\partial^2 S}{\partial y \partial x} - \left(\frac{\partial P}{\partial x}\right)_x \left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_y - P\frac{\partial^2 V}{\partial y \partial x} \text{--------}(10.20)$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial x} = \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_y \left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)_x + T\frac{\partial^2 S}{\partial y \partial x} - \left(\frac{\partial P}{\partial y}\right)_x \left(\frac{\partial V}{\partial y}\right)_x - P\frac{\partial^2 V}{\partial y \partial x} \text{--------}(10.21)$$

یہاں dU ایک کامل تفرق سے یعنی dU میں تبدیلی بلحاظ x ہو یا بلحاظ y اس سے مساوات غیر متاثر رہتی ہے اس طرح dV اور dS بھی کامل تفریق ہیں لہٰذا۔

$$\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial x} = \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial x}, \frac{\partial^2 S}{\partial y \partial x} = \frac{\partial^2 S}{\partial y \partial x}, \frac{\partial^2 V}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 V}{\partial y \partial x} \text{------}(10.22)$$

مساوات (10.22) کو مساوات (10.20) اور (10.21) میں درج کرکے R.H.S کا تقابل کرنے پر

$$\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_x\left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)_y-\left(\frac{\partial P}{\partial y}\right)_x\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_y=\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_y\left(\frac{\partial S}{\partial y}\right)_x-\left(\frac{\partial P}{\partial x}\right)_y\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_x \quad \text{------}(10.23)$$

یہ میکس ویل تھرموڈائنامک کی عام مساوات ہے۔ متغیرات T, V, P، اور S کے جوڑے آزاد متغیر x اور y کی شکل میں درج کرنے۔

پہلا رشتہ (First Relation):

$x=s$ اور $y=V$ درج کرنے پر

$$\frac{\partial S}{\partial x}=1 \quad \text{اور} \quad \frac{\partial V}{\partial y}=0$$

$$\frac{\partial S}{\partial y}=0 \quad \text{اور} \quad \frac{\partial V}{\partial x}=0$$

ان قیمتوں کو مساوات (10.23) میں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_s=-\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_v \quad \text{------}(A)$$

یہ میکس ویل کا پہلا تھرموڈائنامک رشتہ ہے۔

دوسرا رشتہ (Second Relation):

$y=V$ اور $x=T$ درج کرنے پر

$$\frac{\partial T}{\partial x}=1 \quad \text{اور} \quad \frac{\partial V}{\partial y}=1$$

$$\frac{\partial T}{\partial y}=0 \quad \text{اور} \quad \frac{\partial V}{\partial x}=0$$

ان قیمتوں کو مساوات (10.23) میں درج کرنے پر

$$=0\left(=\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T=-\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$$

یا

$$\left(=\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T=+\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \quad \text{------}(B)$$

یہ میکس ویل کا دوسرا تھرموڈائنامک رشتہ ہے۔

تیسرا رشتہ (Third Relation):

$x=s$ اور $y=P$ درج کرنے پر

$$\frac{\partial S}{\partial x} = 1 \quad \text{اور} \quad \frac{\partial P}{\partial y} = 1$$

$$\frac{\partial S}{\partial y} = 0 \quad \text{اور} \quad \frac{\partial P}{\partial x} = 0$$

ان قیمتوں کو مساوات (10.23) میں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_P$$

یہ میکس ویل کا تیسرا تھرموڈائنامک رشتہ ہے۔

چوتھا رشتہ (Fourth Relation):

$x = T$ اور $y = P$ درج کرنے پر

$$\frac{\partial T}{dx} = 1 \quad \text{اور} \quad \frac{\partial P}{\partial y} = 1$$

$$\frac{TS}{dy} = 0 \quad \text{اور} \quad \frac{\partial P}{\partial x} = 0$$

ان قیمتوں کو مساوات (10.23) میں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial S}{dP}\right)_T = \left(\frac{\partial V}{dT}\right)_P \qquad \text{-----(D)}$$

یہ میکس ویل کا چوتھا ڈائنامک رشتہ ہے۔

10.4 کلاسیسیس۔کلاپیرون مساوات (Clausius – Clapeyron Equation)

کلاسیسیس کلاپیران کی حرارت مخفی کی مساوات دباؤ میں تبدیلی سے نقطہ اماعت (Melting Point) یا نقطہ جوش (Boiling Point) میں تبدیلی کو ظاہر کرتی ہے۔ اس مساوات کو میکس ویل کے دوسرے رشتے سے اخذ کیا جاتا ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ میکس ویل کا دوسرا رشتہ۔

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$$

طرفین کا T سے ضرب دینے پر

$$T\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$$

لیکن تھرموڈائنامک دوسرے کلیہ کے مطابق $T\partial S = \partial Q$ لہذا

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$$

جہاں $\left(\frac{\partial Q}{\partial V}\right)_T$ حرارت کی اس مقدار کو ظاہر کرتی ہے جو مستقل تپش پر فی اکائی حجم جذب کی جاتی ہے یا خارج کی جاتی ہے۔ جس کا مطلب یہ ہے کہ مستقل تپش پر حرارت کا انجذاب یا خارج ہونا شئے کے حجم میں تبدیلی لاتا ہے۔ اس طرح مستقل تپش پر حرارت کا جذب ہونا یا خارج ہونا حرارت مخفی ہے اور حجم میں تبدیلی حالت کی تبدیلی کی وجہ سے ہوتی ہے۔ فرض کیجیے کہ شئے کی اکائی کمیت کے لیے L اس کی حرارت مخفی ہے جب کہ مستقل تپش پر جسم کے حجم میں تبدیلی ابتدائی حالت V_1 سے انتہائی حالت V_2 ہے۔

$$\therefore T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{L}{V_2-V_1}\right)_T$$

$$T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right) = \left(\frac{L}{V_2-V_1}\right)$$

$$\frac{\partial P}{\partial T} = \frac{L}{T(V_2-V_1)}$$

یہ کلاسیسیس کلاپیران کی مساوات ہے۔

اطلاقات (Applications):

1. یہ مساوات دباؤ کے ساتھ مائع کے نقطہ جوش میں تبدیلی کے مطالعہ کے لیے استعمال کی جاتی ہے جب ایک مائع ابلتا ہے۔ یعنی مائع حالت سے گیسی حالت میں تبدیل ہوتا ہے تو اس کے حجم میں اضافہ ہوتا ہے $(V_2 > V_1)$ چونکہ $(V_2 - V_1)$ ایک مثبت مقدار ہے۔ $\frac{dP}{dT}$ بھی ایک مثبت مقدار ہو گی یعنی دباؤ میں اضافے سے ایک مائع کے نقطہ جوش میں اضافہ ہوتا ہے۔ اس کے برعکس بھی یعنی تپش میں اضافہ سے مائع کے دباؤ میں اضافہ ہوتا ہے۔ اس سے یہ بھی ظاہر ہوتا ہے دباؤ میں کمی سے مائعات کم تپش پر جوش کھاتے ہیں۔
2. یہ مساوات دباؤ کے ساتھ ٹھوس کے نقطہ اماعت (Melting Point) میں تبدیلی کے مطالعہ کے لیے استعمال کی جاتی ہے۔ اس کی درجہ بندی دو درجوں میں کی جاتی ہے۔
   a. جب $V_2 > V_1$ (مثلاً موم اور سلفر) اس صورت میں $(V_2 > V_1)$ ایک مثبت مقدار ہو گی اس لیے $\frac{dP}{dT}$ بھی ایک مثبت مقدار ہو گی جس کا مطلب یہ ہے کہ دباؤ میں اضافہ سے ٹھوس کے نقطہ اماعت میں اضافہ ہوتا ہے۔
   b. جب کہ $V_2 > V_1$ (مثلاً برف، بسمت، گیلیم وغیرہ) اس صورت میں $(V_2 > V_1)$ ایک منفی مقدار ہو گی $\frac{dP}{dT}$ بھی ایک منفی مقدار ہو گی دباؤ میں اضافہ سے ایک ٹھوس کے نقطہ اماعت میں کمی آتی ہے۔
3. یہ مساوات برف کے انجماد (Regelation) کی بھی توضیح کرتی ہے۔ جب برف کے دو ٹکڑوں کو باہم ملا کر دبایا جاتا ہے تب یہ دونوں مل کر ایک ٹکڑا بن جاتے ہیں اور اس واقعہ کو ریجیلیشن کہتے ہیں۔ ہم جانتے ہیں کہ دباؤ میں اضافہ سے برف کا نقطہ انجماد کم ہو جاتا ہے اور کچھ برف پگھل جاتی ہے جس سے دو سطحوں کے درمیان ایک پتلی پرت قائم ہو جاتی ہے۔ دباؤ ہٹانے پر اصلی نقطہ کو اماعت واپس آ جاتا ہے اور پرت جم کر دہ ٹکروں کو آپس میں ملا دیتی ہے اور وہ ایک ٹکڑا بن جاتا ہے۔

10.5 حل شدہ مثالیں(Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

میکس ویل کے تھرموڈائنامک کے پہلے رشتے کو اخذ کیجیے۔

حل:

$$\because dQ = dU + PdV$$

$$dU = dQ - PdV$$

اس مساوات میں $dQ = Tds$ درج کرنے پر

$$dU = Tds - PdV$$

مساوات(3) کا جزوی تفرق بلحاظ تھرموڈائنامک متغیرات(V, S) لینے پر

$$\left(\frac{\partial U}{\partial s}\right)_v = T\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_s = -P$$

یہ رشتے اندرونی توانائی U کو متغیرات V, T, S اور P سے جوڑتے ہیں۔

چونکہ dU ایک کامل تفریق ہے لہٰذا

$$\frac{\partial}{\partial V}\left(\frac{\partial U}{\partial s}\right)_v = \frac{\partial}{\partial s}\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_s$$

مساوات سے قیمتیں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_s = -\left(\frac{\partial p}{\partial s}\right)_v$$

یہ میکس ویل کا پہلا تھرموڈائنامک رشتہ ہے۔

10.6 اکتسابی نتائج(Learning Outcomes)

- ایک تھرموڈائنامک نظام کی حالت کو چند منتخب تبدل مثلاً تپش(T)، دباؤ(P) اور حجم V اور انٹروپی S سے ظاہر کیا جاتا ہے۔
- ان بنیادی تھرموڈائنامک متبدل کو ملا کر جو مساواتیں ہیں وہ تھرموڈائنامک قوہ، یا تھرموڈائنامک تفاعل یا توانائی تفاعل کہلاتے ہیں۔
- تھرموڈائنامک قوہ حسب ذیل ہیں۔

a. اندرونی توانائی $dU = TdS - PdV$

b. ہلمہوز کا تفاعل $F = U - TS$

c. گبس کا تفاعل $G = H - TS$

d. انتھالپی $H = U + PV$

- تھرموڈائنامیکل نظام اس وقت ایکوی لیبریم میں رہتے ہیں جب تھرموڈائنامک قوہ کی قیمت اقل ترین ہوتی ہے۔
- وہ تپش جس پر زیادہ سے زیادہ بھی دباؤ عائد کر کے کسی شئے کے بخارات کو مائع میں تبدیل نہیں کیا جا سکتا چاہے جتنا بھی دباؤ میں اضافہ کیا جائے اس شئے کی فاصل تپش (Critical Temperature) کہلاتی ہے۔

10.7 کلیدی الفاظ (Keywords)

- Enthalpy (ان + تھا + لپی): اس سے مرادت مجموعی حرارت مستقل یا حرارت تعامل ہے اس کی مساوات $H = U + PV$ ہے۔ حرارت مخفی + گبس کی توانائی = انتھالپی
- Regelation (ری + جی + لیشن): برف پر دباؤ عائد کیا جائے تو برف پگھل جاتی ہے اور دباؤ ہٹالیا جائے تو دوبارہ جم جاتی ہے اس عمل کو ریجیلیشن کہتے ہیں۔
- Reversible Cell (ری + ور + سی + بل، سل): ایک ایسا برقی خانہ جس میں برقی کیمیائی تعامل معکوس سمت میں جاری رہتا ہو تا کہ زائد emf حاصل کیا جاسکے۔

10.8 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

10.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. میکس ویل کے تھرموڈائنامک کے پہلے اور دورے رشتے کو لکھیے۔
2. میکس ویل کے تھرموڈائنامک کے تیسرے اور چوتھے کلیے کو لکھیے۔
3. کلاسیس۔کلاپیران حرارت مخفی کی مساوات لکھیے۔
4. ہلمہوز آزاد توانائی کی مساوات ہ۔

(a) $U + TS$ (b) $U - TS$

(c) $H + TS$ (d) $H - TS$

5. گبس قوہ G کی مساوات ہے۔

(a) $U - PV = TS$ (b) $U = PV + TS$

(c) $U - PV - TS$ (d) $U = PV - TS$

6. ایک آئسو تھرمل۔ آئسو بارک عمل میں کون ساتھر موڈائنامک قوہ مستقل رہتا ہے۔

(a) گبس کا عمل (b) انتھالپی

(c) اندرونی توانائی (d) ہلمہوز تفاعل

7. کلاسیس کلا پیراں کی مساوات ہے۔

$\frac{dP}{dT} = \frac{1}{\Delta S \Delta V}$ (a) $\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta S}{\Delta V}$ (a)

$\frac{dP}{dT} = T\frac{\Delta S}{\Delta V}$ (a) $\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta V}{T\Delta S}$ (a)

10.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. تھر موڈائنامک قوہ کیا ہیں؟ ان کی اہمیت کو بیان کیجئے۔
2. میکس ویل کے تھر موڈائنامک رشتے لکھیے۔
3. تھر موڈائنامک متبدل اور تھر موڈائنامک تفاعل کے نام لکھیے۔
4. 4۔ اندرونی توانائی کی تعریف کیجئے۔ اندرونی توانائی میں تبدیلی کو آزاد متغیر S اور V کی رقوم میں ظاہر کیجئے۔
5. ہلمہوز تفاعل F کی تعریف کیجئے۔ ہلمہوز تفاعل میں تبدیلی کو آزاد متغیر V اور T کی رقوم میں ظاہر کیجئے۔
6. گبس تفاعل G کی وضاحت کیجئے۔ ثابت کیجئے کہ آئیسو تھرمل۔ آئیسو بارک اثر میں G مستقل رہتا ہے۔
7. گبس، ہلمہوز مساوات کو بیان کیجئے اور ثابت کیجئے۔
8. تھر موڈائنامک رشتوں کو استعمال کرتے ہوئے ثابت کیجئے کہ $\frac{\partial H}{\partial U} = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V + V\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$ جہاں $H + U = PV$

10.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. تھر موڈائنامک قوہ کی تعریف کیجئے۔ ان قوہ کو استعمال کرتے ہوئے میکس ویل تھر موڈائنامک رشتے اخذ کیجئے۔
2. میکس ویل تھر موڈائنامک رشتوں کو حاصل کیجئے۔
3. میکس ویل تھر موڈائنامک رشتے کیا ہیں؟
4. ایک گیس کی مولار حرارت مخفیوں کے درمیان فرق کے رشتے کو حاصل کیجئے۔
5. تھر موڈائنامک رشتہ $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v$ ثابت کیجئے اور اس رشتے سے کلاسیس - کلا پیراں مساوات $\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - V_1)}$ اخذ کیجئے۔

6. ایک ریور سیبل برقی خانے کے لیے گبس، ہلمہوز (Gibb's – Hemholz) مساوات اخذ کیجئے۔

10.8.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. میکس ویل کے تھرموڈائنامک کے دوسرے رشتے کو اخذ کیجئے۔

10.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th}& 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 11۔ حرارت نوعی

(Specific Heats)

اکائی کے اجزا

11.0 تمہید

11.1 مقاصد

11.2 حرارت نوعی کے درمیان نسبت

11.3 دو حرارت نوعی کا فرق

11.4 حل شدہ مثالیں

11.5 اکتسابی نتائج

11.6 کلیدی الفاظ

11.7 نمونہ امتحانی سوالات

11.7.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

11.7.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

11.7.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

11.7.4 غیر حل شدہ سوالات

11.8 تجویز کردہ اکتسابی مواد

11.0 تمہید(Introduction)

تھرموڈینامکس میں، کسی مادے کی مخصوص حرارت کی گنجائش (c)مادہ کے نمونے کی حرارت کی گنجائش ہوتی ہے جسے نمونے کے بڑے پیمانے پر تقسیم کیا جاتا ہے، جسے بعض اوقات بڑے پیمانے پر حرارت کی گنجائش بھی کہا جاتا ہے۔ غیر رسمی طور پر، یہ حرارت کی مقدار ہے جسے مادہ کے بڑے پیمانے پر ایک یونٹ میں شامل کرنا ضروری ہے تاکہ درجہ حرارت میں ایک یونٹ کا اضافہ ہو۔ کسی مادے کی مخصوص حرارت کی گنجائش خاص طور پر زیادہ ہو سکتی ہے جب اسے پھیلنے کی اجازت دی جائے کیونکہ اسے گرم کیا جاتا ہے (مستقل دباؤ پر مخصوص حرارت کی گنجائش) اس کے مقابلے میں جب اسے کسی بند برتن میں گرم کیا جاتا ہے جو توسیع کو روکتا ہے (مخصوص حرارت کی گنجائش مستقل حجم پر)۔

مخصوص حرارت کی اصطلاح کسی مخصوص درجہ حرارت پر کسی مادے کی مخصوص حرارت کی صلاحیتوں اور حوالہ درجہ حرارت پر ایک حوالہ دار مادے کے درمیان تناسب کی طرف بھی اشارہ کر سکتی ہے، جیسے پانی $15\,^{\circ}C$ خاص کشش ثقل کے انداز میں مخصوص حرارت کی صلاحیت کا تعلق دیگر اعشاریوں کے ساتھ حرارت کی گنجائش کے دیگر انتہائی اقدامات سے بھی ہے۔

حرارت کی وہ مقدار جو اکائی کمیت شئے میں $1\,^{o}C$ تپش میں اضافہ کے لیے درکار ہو وہ حرات نوعی کہلاتی ہے۔ ٹھوس اور مائعات میں تپش میں اضافہ سے صرف حجم میں تبدیلی ہوتی ہے اس لیے حالت کی تبدیلی کے دوران انجام دیا ہوا کام قابل نظر انداز ہوتا ہے۔ اس لیے ٹھوس اور مائع کی حرارت نوعی ایک ہی ہوتی ہے اس کے برعکس گیسوں میں تپش میں اضافہ سے حجم اور دباؤ دونوں میں قابل لحاظ تبدیلی واقع ہوتی ہے اس لیے یہ بیان کرنا ضروری ہے کہ کس حالت کے تحت حرارت مہیا کی گئی۔

11.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- حرارت نوعی کے درمیان نسبت کی وضاحت کریں گے۔
- دو حرارت نوعی کا فرق کی تعریف کریں گے۔

11.2 حرارت نوعی کے درمیان نسبت (Ratio of Specific Heats)

گیسوں میں حرارت عام طور پر دو طریقوں سے مہیا کی جاتی ہے جو حسب ذیل ہیں (1) مستقل حجم پر (2) مستقل دباؤ پر اس لیے گیسوں میں دو حرارت نوعی پائی جاتی ہیں۔

1. حرارت نوعی مستقل حجم پر (Specific Heat at Constant Volume)

مستقل حجم پر ایک گرام گیس کی تپش میں $1^{o}C$ اضافہ کے لیے درکار حرارت کی مقدار حرارت نوعی مستقل حجم پر کہلاتی ہے اس کو Cv سے ظاہر کرتے ہیں۔

2. حرارت نوعی مستقل دباؤ پر (Specific Heat at Constant Pressure – Cp)

مستقل دباؤ پر ایک گرام گیس کی تپش میں $1^{o}C$ اضافہ کے لیے درکار حرارت کی مقدار حرارت نوعی مستقل دباؤ پر کہلاتی ہے اس کو Cp سے ظاہر کرتے ہیں۔

دو حرارت نوعی کے درمیان نسبت (Ratio of Two Specific Heats)

ہم دو حرارت نوعی کے درمیان نسبت میکس ویل کے رشتے کو استعمال کرتے ہوئے حاصل کریں گے ہم جانتے ہیں کہ ایک گیس کے حجمی لچک کی شرح ہوتی ہے۔

$$E = \frac{\text{زور}}{\text{حجمی بگاڑ}}$$

$$E = -\frac{dP}{\frac{dV}{V}}$$

یا

$$E = -V\frac{dP}{dV}$$

اس طرح ایڈیا بیٹک لچک E_S (انٹروپی مستقل) اور آئیسوتھرمل لچک (مستقل تپش) E_T کی مساوات ہوگی۔

$$E_S = -V\left(\frac{dP}{dV}\right)_S \qquad \text{-------}(11.1)$$

$$E_T = -V\left(\frac{dP}{dV}\right)_T \qquad \text{-------}(11.2)$$

مساوات (11.1) کو (11.2) سے تقسیم کرنے پر

$$\frac{E_S}{E_T} = \frac{-V\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S}{-V\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T} = \frac{\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S}{\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T}$$

شمار کنندہ کو ∂T سے ضرب دینے اور تقسیم اور نسب نما کو ∂S سے ضرب دینے اور تقسیم کرنے پر

$$\frac{E_S}{E_T} = \frac{\left(\frac{\partial P}{\partial T}\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S}{\left(\frac{\partial P}{\partial S}\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T} \qquad \text{-------}(11.3)$$

میکس ویل کے رشتوں سے مساوات کی قیمتیں درج کرنے پر

$$\frac{E_S}{E_T} = \frac{\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_P \left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V}{\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V} = \left[\frac{\frac{\partial S}{\partial V}}{\frac{\partial T}{\partial V}}\right]_p \left[\frac{\frac{\partial P}{\partial S}}{\frac{\partial P}{\partial T}}\right]_v$$

$$\frac{E_S}{E_T} = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_V = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P / \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P$$

شمار کنندہ اور نسب نما کو T سے ضرب دینے پر

$$\frac{E_S}{E_T} = \frac{T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P}{T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V} = \frac{\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_P}{\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_V} \qquad \because (T\partial S = \partial Q)$$

لیکن $\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_P = Cp$ اور $\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_V = Cv$

$$\frac{E_S}{E_T} = \frac{Cp}{Cv} = r$$

اس طرح ایک گیس کی حرارت نوعیوں کی مستقل دباؤ اور مستقل حجم کے درمیان نسبت مساوی ہے ایڈیا بیٹک اور آئیسو تھرمل لچک کے درمیان نسبت جس کو r سے ظاہر کرتے ہیں۔

11.3 دو حرارت نوعی کا فرق (Difference between two specific Heats)

مائعات اور ٹھوس میں تپش سے تبدیلی سے حجم میں تبدیلی واقع ہوتی ہے اس لیے بیرونی انجام دیا ہوا کام قابل نظر انداز ہوتا ہے اس لیے ٹھوس اور مائع میں صرف ایک ہی حرارت نوعی ہوتی ہے اس کے برعکس گیسوں میں تپش کی تبدیلی سے اس کے حجم اور دباؤ میں غیر معمولی تبدیلی واقع ہوتی ہے اس لیے یہ وضاحت ضروری ہے کہ کن شرائط کے تحت حرارت کی مقدار مہیا کی جارہی ہے۔ اس لیے عملی طور پر ایک گیس کی دو حرارت نوعی ہوتی ہے۔

i. حرارت نوعی مستقل حجم پر (Specific Heat at Constant Volume-Cv)

مستقل حجم پر ایک گرام گیس کی تپش میں 1^0C اضافہ کے لیے درکار حرارت کی مقدار حرارت نوعی مستقل حجم پر کہلاتی ہے اس کو Cv سے ظاہر کرتے ہیں۔

ii. مستقل دباؤ پر ایک گرما گیس کی تپش میں 1^0C اضافہ کے لیے درکار حرارت کی مقدار حرارت نوعی مستقل دباؤ پر کہلاتی ہے۔ اس کو Cp سے ظاہر کرتے ہیں۔

CGS نظام میں حرات نوعی کی اکائی cal/gm/co ہے جب کہ MKS نظام میں kcal/kkg/kیاj/kg/k ہے۔

مستقل دباؤ پر حرارت نوعی کی قیمت مستقل حجم پر حرارت نوعی کی قیمت سے زیادہ ہوتی ہے۔ $(C_P > C_V)$ جس کی وجہ حسب ذیل ہے۔ جب ایک گیس کو مستقل حجم پر گرم کیا جاتا ہے تو تمام تر حرارت گیس کی تپش میں اضافہ کے لیے استعمال ہوتی ہے۔ جب کہ ایک

گیس کو مستقل دباؤ پر گرم کیا جائے تو حرارت کی کچھ مقدار تپش میں اضافہ کے لیے اور باقی مقدار بیرونی کام انجام دینے کے لیے استعمال ہوتی ہے تاکہ دباؤ مستقل رہے۔

مستقل حجم اور مستقل دباؤ پر مولار (Molar) حرارت نوعی کی مساواتیں ہیں۔

$$Cp\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_P \quad \text{اور} \quad Cv\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_V$$

تب

$$Cp - Cv = \left[\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_P - \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_V\right]$$

$$\because dQ = Tds$$

$$\therefore Cp - Cv = \left[T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P - T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V\right]$$

$$\therefore Cp - Cv = T\left[\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P - \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V\right] \quad \text{------}(11.4)$$

فرض کیجیے انٹروپی S ایک تفاعل ہے آزاد متغیر V اور T کا یعنی

$$S = f\,(V, T)$$

تب S میں تبدیلی dS ہوگی۔

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V dT - \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_T dV$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P - \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \quad \text{-----}(11.5)$$

چونکہ $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$ میکس ویل کا دوسرا رشتہ

مساوات (11.4) اور (11.5) سے

$$Cp - Cv = T\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \quad \text{--------}(11.6)$$

جو کہ درکار مساوات ہے

ایک کامل گیس کے لیے (For a Perfect Gas)

ایک مول کے لیے کامل گیس کی مساوات

$$PV = RT$$

$$\frac{P}{T} = \frac{R}{V} \quad \text{اور} \quad \frac{V}{T} = \frac{R}{P}$$

تفریق لینے پر

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{R}{V} \quad \text{اور} \quad \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{R}{P}$$

ان قیمتوں کو مساوات(11.6)میں درج کرنے پر

$$Cp - Cv = T\left(\frac{R}{P}\frac{R}{V}\right) = \frac{TR^2}{PV}$$

$$(\because PV = RT)$$

$$Cp - Cv = \frac{TR^2}{RT} = R$$

$$Cp - Cv = R \qquad \text{--------}(11.7)$$

وینڈر روال گیس کے لیے(For Vander Wall's Gas)

ایک وینڈر روال گیس کے لیے

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

جہاں a اور b مستقل ہیں

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right) = \frac{RT}{(V-b)}$$

مستقل حجم پر بلحاظ T تفریق لینے پر

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{R}{(V-b)}$$

مستقل دباؤ پر بلحاظ T تفریق لینے پر

$$\frac{-2a}{V3}\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{RT}{(V-b)^2}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P + \frac{R}{(V-b)}$$

حل کرنے پر

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{RI_{V-B}}{\left[\frac{RT}{(V-b)^2} - \left(\frac{2a}{V^3}\right)\right]}$$

این قیمتوں کو مساوات(11.6)میں درج کرنے پر

$$Cp - Cv = \frac{TR}{(V-b)} \times \frac{RI_{V-b}}{\frac{RT}{(V-b)^2} - \frac{2a}{V^3}}$$

$$= \frac{R}{\left(1 - \frac{2a}{V^3}\right)\left(\frac{V-b}{RT}\right)^2}$$

چونکہ V>>b اس لیے b کو نظر انداز کرنے پر

$$Cp - Cv = \frac{R}{\left(1 - \frac{2a}{V^3}\right)\frac{V^2}{RT}}$$

$$= \frac{R}{\left(1 - \frac{2a}{RVT}\right)}$$

$$= R\left(1 - \frac{2a}{RVT}\right)^{-1}$$

$$Cp - Cv = R\left(1 + \frac{2a}{RVT}\right) \qquad \text{-------}(11.8)$$

دوسری صورتیں(Another forms)

فرض کیجئے کہ P تفاعل ہے V اور T کا یعنی

$$P = f\ (T,V)$$

تب

$$dP = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dV$$

اگر یہ تبدیلیاں مستقل دباؤ پر ہو تب dP=0 ہو گا تب

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dT = -\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dV$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = -\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \qquad \text{--------}(11.9)$$

مساوات(11.9) سے $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$ کی قیمت مساوات(11.6) میں درج کرنے پر

$$Cp - Cv = -T\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

$$Cp - Cv = -T\ \left[\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial^2 V}{\partial T}\right)^2 P\right]$$

مساوات(11.9) کو ہم اس شکل میں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$Cp - Cv = \ -T\ \left[\frac{1}{V}\frac{\frac{\partial P}{\partial V}}{V}\right]_r^{v^2} \left[\frac{\partial V/V}{\partial T}\right]_p^2$$

$$= -T\left[\left(\frac{\frac{\partial P}{\partial V}}{V}\right)_T \left(\frac{\frac{\partial V}{V}}{\partial T}\right)_T^2\right]V$$

$$= -T[-Exa^2]V$$

$$Cp - Cv = TEa^2V$$

جہاں $E = \left[\frac{\partial P}{\partial V/V}\right]_T$ – مستقل تپش پر لچک کا حجمی معیار اور $a = a\left(\frac{\partial V/V}{\partial P}\right)_P =$ حجمی پھیلاؤ کی شرح

مساوات(11.7) سے ہم دو نتائج اخذ کر سکتے ہیں۔

a. جب $0 \to T$ تب $Cp \to Cv$ یا صفر مطلق پر دونوں حرارت نوعی مساوی ہوتی ہیں۔

b. چونکہ تمام اشیاء کے لیے E کی قیمت مثبت ہے اور a^2 بھی مثبت ہے۔ اس لیے مساوات(11.9) کا R.H.S ہمیشہ مثبت رہتا ہے اس طرح Cp-Cv کبھی منفی نہیں ہو سکتا یا Cp کی قیمت ہمیشہ Cv سے بڑی ہوتی ہے۔

11.4 حل شدہ مثالیں(Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

-CpCv کی قیمت R ثابت کیجئے۔

حل: ایک کامل گیس کے لیے(For a Perfect Gas)

ایک مول کے لیے کامل گیس کی مساوات

$$PV = RT$$

$$\frac{P}{T} = \frac{R}{V} \quad \text{اور} \quad \frac{V}{T} = \frac{R}{P}$$

تفریق لینے پر

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{R}{V} \quad \text{اور} \quad \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{R}{P}$$

ان قیمتوں کو مساوات(11.6) میں درج کرنے پر

$$Cp - Cv = T\left(\frac{R}{P}\frac{R}{V}\right) = \frac{TR^2}{PV}$$

$$(\because PV = RT)$$

$$Cp - Cv = \frac{TR^2}{RT} = R$$

$$Cp - Cv = R$$

11.5 اکتسابی نتائج(Learning Outcomes)

- پہلے درجہ کی فیز میں تبدیلی وہ ہے جس میں تپش کے تبدیلی کے بغیر حرارت کا اخراج یا انجذاب عمل میں آتا ہے مثلاً حالت کی تبدیلی مستقل تپش پر۔
- کمتر تپش حاصل کرنے کے لیے سب سے پہلے نمک کا آمیزہ استعمال کیا گیا۔
- وہ دباؤ اور تپش جس پر کوئی مائع، ٹھوس اور گیسی (بخارات) حالت میں بہ یک وقت ہم وجود ہو تہر النقطہ(Triple Point) کہلاتا ہے۔
- گیسوں کو مائع میں تبدیل کر کے اقل ترین تپش حاصل کی جاتی ہے اس عمل میں جول تھامسن پھیلاؤ کا اثر اور باز افزائش ٹھنڈک کا اصول استعمال کیا جاتا ہے۔
- ہوا $-180^0 C$ پر مائع میں تبدیل ہو جاتی ہے۔

11.6 کلیدی الفاظ(Keywords)

- Sublimation(سب+لی+مے+شن):ایک ٹھوس کی حرارت کے ذریعہ بخارات میں تبدیلی۔
- Evaportion(ای+وا+پو+رے+شن):ایک مائع کی حرارت کے ذریعہ بخارات میں تبدیلی۔
- Temperature of Inversion(ٹمپ+رے+چر+آف+انور+ژن):جول۔تھامسن سرد اثر میں وہ تپش جس سے کم تپش پر گیس میں سرد اثر اور اس سے زیادہ تپش پر گرم اثر پیدا ہوتا ہے۔

11.7 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

11.7.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. ایک گیس کی دو حرارت نوعی کے درمیان رشتے لکھیے۔
2. پہلی اور دوسری TdS مساوات لکھیے۔
3. Cp کی قیمت Cv سے زیادہ کیوں ہوتی ہے۔
4. ہلمہوز آزاد توانائی کی مساوات ہ۔

$U + TS$ (a) $U - TS$ (b)

$H + TS$ (c) $H - TS$ (d)

5. گبس قوہ G کی مساوات ہے۔

$U - PV = TS$ (a) $U = PV + TS$ (b)

$U - PV - TS$ (c) $U = PV - TS$ (d)

6. ایک آئسو تھرمل۔آئسوبارک عمل میں کون سا تھرموڈائنامک قوہ مستقل رہتا ہے۔

(a) گبس کا عمل (b) انتھالپی

(c) اندرونی توانائی (d) ہلمہوز تفاعل

11.7.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات(Short Answer Type Questions)

1. گبس،ہلمہوز مساوات کو بیان کیجئے اور ثابت کیجئے۔
2. میکس ویل رشتوں کو استعمال کرتے ہوئے ثابت کیجئے کہ مستقل تپش پر "واڈر وال گیس" کی اندرونی توانائی کا انحصار حجم پر ہوتا ہے۔
3. حراری گنجائش مساوات $Cp - Cv = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$ کو اخذ کیجئے۔

4. تھرموڈائنامک رشتوں کو استعمال کرتے ہوئے ثابت کیجئے کہ $\frac{\partial H}{\partial U} = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V + V\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$ جہاں $H + U = PV$

11.7.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. تھرموڈائنامک قوہ کی تعریف کیجئے۔ ان قوہ کو استعمال کرتے ہوئے میکس ویل تھرموڈائنامک رشتے اخذ کیجئے۔
2. 2میکس ویل تھرموڈائنامک رشتوں کو حاصل کیجئے۔ ایک گیس کے دو حرارت نوعی کی وضاحت کیجیے۔ ثابت کیجئے کہ ایک گیس ایڈیا بیٹک اور آئسوتھرمل لچک کے درمیان نسبت (Cp/Cv) کے مساوی ہوتی ہے۔
3. میکس ویل تھرموڈائنامک رشتے کیا ہیں؟ ایک گیس کے دو حرارت نوعی کی وضاحت کیجئے۔
4. ایک گیس کی مولار حرارت مخفیوں کے درمیان فرق کے رشتے کو حاصل کیجئے۔
5. TdS کی پہلی اور دوسری مساوات اخذ کیجئے اور اس کے ذریعہ مساوات $Cp - Cv = -T\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_p^2$ اخذ کیجئے۔

11.7.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. حراری گنجائش مساوات $Cp - Cv = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$ کو اخذ کیجئے۔

11.8 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

---

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th}& 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.

اکائی 12۔ جول کیلون اثر

(Joule -Kelvin Effect)

اکائی کے اجزا

12.0 تمہید

12.1 مقاصد

12.2 جول۔ کیولن اثر

12.3 معکوس برقی خانہ

12.4 پہلے اور دوسرے درجے ہیت تبدیلی کی خصوصیات

12.5 حل شدہ مثالیں

12.6 اکتسابی نتائج

12.7 کلیدی الفاظ

12.8 نمونہ امتحانی سوالات

12.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

12.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

12.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

12.8.4 غیر حل شدہ سوالات

12.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد

12.0 تمہید(Introduction)

Joule-Thomson Effect، جسے Joule-Kelvin Effect بھی کہا جاتا ہے، درجہ حرارت میں وہ تبدیلی جو کام کی پیداوار یا حرارت کی منتقلی کے بغیر گیس کی توسیع کے ساتھ ہوتی ہے۔ عام درجہ حرارت اور دباؤ پر، ہائیڈروجن اور ہیلیم کے علاوہ تمام حقیقی گیسیں اس طرح کے پھیلنے پر ٹھنڈی ہو جاتی ہیں۔ یہ رجحان اکثر مائع گیسوں میں استعمال ہوتا ہے۔ اس رجحان کی تحقیق 1852 میں برطانوی ماہر طبیعیات جیمز پریسکوٹ جول اور ولیم تھامسن (لارڈ کیلون) نے کی۔ ٹھنڈک اس لیے ہوتی ہے کیونکہ گیس کے مالیکیولز کے درمیان طویل فاصلے کی کشش پر قابو پانے کے لیے کام کیا جانا چاہیے کیونکہ وہ ایک دوسرے سے دور ہو جاتے ہیں۔ ہائیڈروجن اور ہیلیم توسیع پر صرف اسی صورت میں ٹھنڈا ہو جائیں گے جب ان کا ابتدائی درجہ حرارت بہت کم ہو کیونکہ ان گیسوں میں طویل فاصلے تک چلنے والی قوتیں غیر معمولی طور پر کمزور ہوتی ہیں۔

ایک گیس کو جب مستقل دباؤ والے مقام سے ایک مسام دار شئے (Porous Plug) مثلاً روئی، اون وغیرہ کے ذریعہ ایک کم دباؤ والے مقام سے گزارا جاتا ہے تو اس کی تپش میں تبدیلی واقع ہوتی ہے۔ اس واقعہ کو جول، کیلون اثر یا جول تھامس اثر کہتے ہیں۔

12.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم مندرجہ ذیل کے بھارے میں سیکھے گے۔

- جول۔ کیولن اثر اکی تعریف کریں گے۔
- معکوس برقی خانہ کا اظہار کریں گے۔
- پہلے اور دوسرے درجہ ہیت تبدیلی کی خصوصیات کے درمیان فرق سیکھیں گے۔

12.2 جول کیلون اثر(Joule-Kelvin Effect)

ایک گیس کو جب مستقل دباؤ والے مقام سے ایک مسام دار شئے مثلاً روئی، اون وغیرہ کے ذریعہ ایک کم دباؤ والے مقام سے گزارا جاتا ہے تو اس کی تپش میں تبدیلی واقع ہوتی ہے۔ اس واقعہ کو جول، کیلون اثر یا جول تھامس اثر کہتے ہیں۔

اس واقعہ میں حسب ذیل نکات قابل غور ہیں۔

i. تمام گیسیں جب مسام دار شئے سے گزاری جاتی ہیں تو ان کی تپش میں تبدیلی واقع ہوتی ہے۔ عام تپش پر تمام گیسوں (سوائے ہائیڈروجن اور ہیلیم کے) میں تپش میں گراوٹ (سرد اثر) ہوتی ہے جب کہ ہائیڈروجن اور ہیلیم میں تپش میں معمولی اضافہ (گرم اثر) ہوتا ہے۔

ii. تپش میں یہ تبدیلی راست تناسب میں رہتی ہے مسام دار شئے کے دونوں طرف دباؤ کے فرق کے۔

iii. جوں ہی گیس کی ابتدائی تپش میں اضافہ ہوتا ہے۔ سرد اثر ختم ہو جاتا ہے۔ ایک مخصوص ابتدائی تپش پر سرد اثر، گرم اثر میں تبدیل ہو جاتا ہے اس تپش کو معکوس تپش(Temperature of Inversion) کہتے ہیں۔

جول۔ کیلون اثر کی شرح کی مساوات(Expression for Joule-Kelvin Effect):

جب ایک گیس جول۔ کیلون اثر سے متاثر ہوتی ہے تب اس کی مجموعی انتھالپی مستقل رہتی ہے۔

یعنی $H = U + PV =$ ایک مستقل

یا $d(u + PV) = 0$

$$du + VdP + PdV = 0 \quad \text{-----(12.1)}$$

تھرموڈائنامک کے پہلے اور دوسرے کلیہ کی رو سے

$$Tds = du + PdV$$
$$dU = Tds - PdV$$

اس قیمت کو مساوات(12.1)میں درج کرنے پر

$$Tds - PdV + VdP + PdV = 0$$
$$TdS + VdP = 0 \quad \text{-------(12.2)}$$

فرض کیجئے کہ S تفاعل ہے P اور T کا۔ تب انٹروپی میں تبدیلی ہوگی یعنی $S = f(P,T)$

$$ds = \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T dP + \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_T dT$$

اس قیمت کو مساوات(12.2)میں درج کرنے پر

$$T\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T dP + T\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T dT + Vdp = 0 \quad \text{--------(12.3)}$$

ہم جانتے ہیں کہ

$$T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P = \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_P = Cp$$

اور $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$ میکس ویل کا چوتھا رشتہ

ان قیمتوں کو مساوات(12.3)میں درج کرنے پر

$$-T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dp + Cp\, dT + VdP = 0$$
$$Cp\, dT = T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dP - VdP$$

$$CpdT = \left[\left[T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V\right]\right] dP$$

$$\frac{dT}{dP} = \frac{1}{Cp}\left[T\ \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right) p - V\right] \qquad \text{------}(12.4)$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H = \frac{1}{Cp}\left[T\ \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right) p - V\right] \qquad \text{------}(12.5)$$

یہ مساوات جول۔ کیلون اثر میں سرد اثر کو ظاہر کرتی ہے۔

اگر $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H$ مثبت ہو گا تب سرد اثر ہو گا۔

اگر $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H$ منفی ہو گا تب گرم اثر ہو گا۔

اگر $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H$ صفر ہو گا تب نہ سرد اثر اور گرم اثر ہو گا۔ متعلقہ تپش معکوس تپش کہلاتی ہے۔

ایک کامل گیس کے لیے جول۔ کیلون اثر (Joule – Kelvin Effect for an Ideal Gas)

ایک کامل گیس کے لیے $PV = RT$

$$V = RT/P$$

$$\frac{\partial V}{\partial T} = R/P$$

اس قیمت کو مساوات (12.5) میں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H = \frac{1}{Cp}\left[T\ \frac{R}{P} - V\right]$$

لہٰذا $\because \frac{TP}{P} = V$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H = \frac{1}{Cp}[V - V = 0 \qquad \text{-------}(12.6)$$

لہٰذا ایک کامل گیس کے لیے جول۔ کیلون اثر صفر ہو گا۔

وینڈر وال گیس کے لیے جول۔ کیلون اثر (Joule-Kelvin Effect for Vander Wall's Gas)

وینڈر وال کی حالت کی مساوات ہے $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$

P کو مستقل رکھتے ہوئے بلحاظ T تفرق لینے پر

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P + (V - b)\left(-\frac{2a}{V3}\right)\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = R$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{R}{\left(P + \frac{a}{V^2} - \frac{2a\,(V-b)}{V^3}\right)}$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{R}{\left(P+\frac{a}{V^2}-\frac{2a\,(V-b)}{V^3}\right)}$$

چونکہ $\because \left(P+\frac{a}{V^2}\right)=\frac{RT}{(V-b)}$

لہٰذا $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{R}{\left(\frac{RT}{(V-b)}\right)}\frac{2a\,(v-b)}{V^3}$

$$= \frac{R\,(V-b)}{RT-\frac{2a\,(v-b)^2}{V^3}} = \frac{V\,(V-b)}{RT-\frac{2a}{V}}$$

V^2 کے مقابل b^2 اور 2vb نظر انداز کرنے پر

تب $T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{RT\,(V-b)}{RT-\frac{2a}{V}}$

$$T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V = \frac{RT\,(V-b)}{RT-\frac{2a}{V}} - V$$

$$= (V-b)\left(1-\frac{2a}{VRT}\right)^{-1} - V$$

$$= (V-b)\left(1+\frac{2a}{VRT}\right) - V$$

$$= (V-b)+\frac{2aV}{VRT}-\frac{2ab}{VRT} - V$$

$$\frac{2a}{RT} - b$$

$\frac{2ab}{VRT}$ نظر انداز کرنے پر $=\frac{2b}{RT}$ کو مساوات (12.5) میں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{1}{Cp}\left[\frac{2a}{RT} - V\right]$$

$$= \frac{1}{Cp}[V-V] = 0$$

$$i.e.\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H = 0$$

یعنی گیس کو مسام دار شئے سے گزارنے پر نہ ہی سرد اثر اور نہ ہی گرم اثر واقع ہو گا۔ یہ متعلقہ تپش معکوس تپش کہلاتی ہے جس کو T_1 سے ظاہر کرتے ہیں۔

$$\because\left(\frac{2a}{RT} = b\right)$$

$$\therefore T_i = \frac{2a}{bR}$$

یعنی گیس کو مسام دار شئے سے گزارنے پر اگر گیس کی ابتدائی تپش T معکوس تپش T_i سے کم ہو تو گیس میں سرد اثر واقع ہو گا اور اگر گیس کی ابتدائی تپش معکوس تپش T_i سے زیادہ ہو تو گرم اثر واقع ہوتا ہے۔

12.3 معکوس برقی خانہ (Reversible Cell)

ایک برقی خانہ کو ریورسیبل برقی خانہ کہلانے کے لیے ان دو شرائط کی پابندی لازمی ہے۔

i. ایک مساوی قوت محرکہ برق (emf) اس پر عائد کیا جائے تو برقی خانہ کا تعامل، اسی وقت رک جائے۔

ii. جب برقی رو (کرنٹ) مخالف سمت میں بہتی ہو تب برقی خانہ کا تعامل معکوس ہو جائے جب کہ عائد کردہ بیرونی emf برقی خانے کے emf سے کچھ زیادہ ہو۔ دانیال کا برقی خانہ (Danial Cell) ریورسیبل سل کی ایک مثال ہے۔

ایک معکوس برقی خانے کے لیے گبس اور ہلمہوز کی مساوات

(Gibbs Helmholz Equation for a Reversible Cell)

ایک ایسا برقی خانہ جس میں برقی کیمیائی تعامل معکوس سمت میں جاری رہتا ہے تاکہ زائد برقی قوت محرکہ (emf) حاصل کیا جاسکے ریورسیبل کہلاتا ہے۔

ایک ریورسیبل سل کے لیے گبس اور ہلملوز کی مساوات حسب ذیل طریقے سے حاصل کی جاتی ہے۔ فرض کیجئے کہ ایک ریورسیبل سل سے dq برقی بار گزر رہا ہے جو ڈسچارج کی سمت میں گزرتا ہے جب کہ سل کا حجم مستقل رہتا ہے تب سل کا انجام دیا ہوا کام۔

$$dw = Edq$$

جہاں E انجام دیا ہوا کام فی اکائی برقی بار یا emf سے جب کہ سل کی تپش T ہے۔

ایک تھرموڈائنامک نظام میں $dw = PdV$

اس طرح یہاں E دباؤ p اور q حجم v کے برابر ہے۔

ہم جانتے ہیں کہ $dQ = dU + dw$

$$dQ = Tds$$

دونوں مساوات کو ملانے پر $Tds = du + dW$

$$Tds = dU + Edq \text{---------}(12.7)$$

ہلمہوز آزاد توانائی F کی قیمت ہے $F = U - TS$ تفریق لینے پر

$$dF = dU - d(TS)$$

$$dF = dU - Tds - sdT \qquad \text{------}(12.8)$$

مساوات(12.8)میں مساوات(12.7)کو درج کرنے پر

$$dF = dU - dU - Edq - sdT$$

$$dF = -Edq - sdT \qquad \text{------}(12.9)$$

یعنی F تفاعل ہے آزاد متغیر q اور T کا $F=f(q, T)$

تفریق لینے پر

$$dF = \left(\frac{\partial F}{\partial q}\right)_T dq + \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_q dT \qquad \text{------}(12.10)$$

مساوات(4)اور(5)کا تقابل کرنے پر

$$\left(\frac{\partial F}{\partial q}\right)_T = -E, \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_q = -S \qquad \text{-----}(12.11)$$

مساوات(12.11)کا دوبارہ تفرق لینے پر

$$\frac{\partial^2 F}{\partial T} = -\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_q \text{ اور } \frac{\partial^2 F}{\partial T_{\partial q}} = -\left(\frac{\partial S}{\partial q}\right)_T$$

چونکہ F ایک کامل تفرق ہے لہٰذا

$$\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_q = \left(\frac{\partial S}{\partial q}\right)_T \qquad \text{-----}(12.12)$$

یہ مساوات مشابہ ہے میکس ویل کے دوسرے رشتے کے یعنی $dQ = Tds$ یا $ds = \frac{dQ}{T}$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial q}\right)_T = \frac{1}{T}\left(\frac{\partial Q}{\partial q}\right)_T \qquad \text{----}(12.13)$$

اور

$$dQ = dU + dw + dU + Edq$$

dQ کی اس قیمت کو مساوات(12.13)میں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial S}{\partial q}\right)_T = \frac{1}{T}\left[\frac{\partial U + E\partial q}{\partial q}\right]_T$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial q}\right)_T = \frac{1}{T}\left[\frac{\partial U + E\partial q}{\partial q}\right]_T$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial q}\right)_T = \frac{1}{T}\left[\frac{\partial U}{\partial q} + E\right] \qquad \text{-------}(12.14)$$

مساوات(12.14)کو مساوات(12.12)میں درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_q = \left[\frac{1}{T}\left(\frac{\partial U}{\partial q}\right)_T + E\right]$$

$$-\left(\frac{\partial U}{\partial q}\right)_T = E - T\left[\left(\frac{\partial E}{\partial q}\right)_q\right] \quad ------(12.15)$$

یہ ریور سیبل سل کے لیے گبس، ہلمہوز کی مساوات ہے۔ سل کے emf کی قیمت ہو گی۔

$$E = T\left(\frac{\partial E}{\partial q}\right)_q - \left(\frac{\partial U}{\partial q}\right)_T \quad ----------(12.16)$$

اس مساوات میں $\left(\frac{\partial U}{\partial q}\right)_T$ سل کے نقصان توانائی اکائی برقی بار ہو ظاہر کرتی ہے۔ اس نقصان توانائی کو ذخیرہ شدہ کیمیائی توانائی سے حاصل کیا جاسکتا ہے۔

جب سل سے کرنٹ گزرتا ہے ایک کیمیائی تعامل واقع ہوتا ہے جس سے بیرونی مزاحمت میں توانائی کا اخراج ہوتا ہے جو موٹر چلانے یا بیرونی کام کرنے استعمال کی جاتی ہے۔ اگر کیمیائی تعامل از خود واقع ہوتا ہے تب اندرونی تعامل کی حرارت کی شکل میں ظاہر ہوتی ہے جس کی مساوات ہو گی۔

$$Q = Fv\left(\frac{\partial U}{\partial q}\right)_T \quad ------(12.17)$$

جہاں v گرفتی بند Valency اور F فیراڈے مستقل کو ظاہر کرتے ہیں۔ معادل $F = 96500/g$ مساوات (12.13) کو مساوات (12.17) میں درج کرنے پر

$$Q = Fv\left[E - T\left(\frac{\partial U}{\partial q}\right)_q\right] \quad -------(12.18)$$

اس طرح emf اور تپش کی شرح کی پیمائش سے کیمیائی تعامل کی حرارت معلوم کی جاسکتی ہے۔

12.4 پہلے اور دوسرے درجے کی ہئیت تبدیلی کی خصوصیات

(Characteristics of First and Second Order Phase Transition)

ہم اصطلاح 'حالت کی تبدیلی' پڑھ چکے ہیں جس کا مطلب یہ ہے کہ تھرموڈائنامک متغیرات مثلاً دباؤ P، حجم V، تپش T وغیرہ کی حالت میں تبدیلی۔ "تھرموڈائنامک میں ہم اس حالت کی تبدیلی کو ہئیت کی تبدیلی (Change of Phase) کہتے ہیں۔ اصطلاح فیز ایک شئے کی ایکوی لیبریم حالت کا نام ہے۔ مثلاً برف، پانی اور بھاپ ایک ہی شئے کے تین فیز ہیں۔ لہٰذا ایک شئے کئی فیز میں رہ سکتی ہے۔ لہٰذا ایک پہلے درجہ کی فیز میں تبدیلی وہ ہے جس میں حرارت کا اخراج یا انجذاب بغیر تپش میں تبدیلی کے عمل میں آتا ہے۔ مثال کے طور پر ہم دیے ہوئے پانی کی کمیت میں پہلے درجہ کی کہ فیز میں تبدیلی پر غور کریں گے۔ مستقل دباؤ پر جب پانی کو گرم کیا جاتا ہے تو تپش میں نقطہ جوش تک مسلسل اضافہ ہوتا رہا ہے کیونکہ جذب شدہ حرارت سے اندرونی توانائی میں اضافہ ہوتا ہے۔ 100^0C یا 373k پر اندرونی توانائی پانی کے فیز کو گیس کے فیز میں تبدیل کرتی ہے اور اس دوران تپش مستقل رہتی ہے۔ نقطہ جوش پر پانی کو بھاپ میں تبدیل کرنے

کے لیے فراہم کردہ توانائی بھاپ کی حرارت مخفی کہلاتی ہے۔ جو مساوی ہوتی ہے 2.26×10^6 جول کے۔ اسی طرح پانی کی اکائی کمیت کو ٹھنڈا کیا جائے تو اندرونی توانائی میں مسلسل کمی ہوتی ہے۔ یہاں تک پانی برف بن جائے جس کا نقطہ انجماد 273k یا 0^0C ہے یعنی $3.34 \times 10^5 J/kP$ اندرونی توانائی خارج کرنے پر پانی ٹھوس (برف) فیز میں تبدیل ہو جاتا ہے اس کو اماعت کی حرارت مخفی کہتے ہیں اس طرح کرہ ہوائی کے دباؤ پر پانی 0^0C تک ٹھوس فیز میں اور 0^oC سے 100^0C تک مائع فیز میں اور 100^oC سے زائد تپش پر گیس فیز میں رہتا ہے۔ ہر شئے کے لیے تپش اور دباؤ ایک مجموعہ (سٹ) ہوتا ہے جس پر وہ تینوں حالتوں (ٹھوس، گیس، مائع) میں سے کوئی دو حالتوں میں حالت توازن میں رہتا ہے۔

پہلے درجہ کی ئیت میں تبدیلی انٹروپی اور کثافت (حجم) اس تبدیل واقع ہوتی ہے۔ پہلے درجہ کی فیز کی تبدیلی میں دونوں حالتوں میں گیس کا تفاعل G مستقل رہتا ہے۔ جب کہ دباؤ اور تپش کے لحاظ سے پہلا تفرق عبوری نقطہ پر غیر تسلسل رہتا ہے۔

دوسرے درجہ کی ہیئت کی تبدیلی وہ ہے جس میں کثافت اور انٹروپی میں تبدیلی بہ آہستگی واقعی ہوتی ہے۔ تپش اور دباؤ کے لحاظ سے عبوری نقطہ پر گیس کے تفاعل کا پہلا تفرق مسلسل رہتا ہے جب کہ دوسرا تفرق عبوری نقطہ پر غیر تسلسل رہتا ہے۔ اس فیز میں حالت کی تبدیلی میں حرارت مخفی کا نہ انجذاب اور نہ اخراج عمل میں آتا ہے۔ ایک فیرو مقناطیسی شئے کا کیوری تپش پر پیارا مقناطیسی شئے میں تبدیل ہوتا دوسرے درجہ کی فیز کی تبدیل کی مثال ہے۔

12.5 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

ایک حساس قوہ پیما کے ذریعہ کیے گئے دانیال سل کے emf کی پیائش معلوم کریں۔

حل: ہم جانتے ہیں کہ

$$E = 1.096V \qquad \text{پر } 273k \quad \text{یا } O^0C$$

$$\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right) = 3.4 \times 10^{-5}\, {}^{v}/_{deg} \qquad v = 2$$

اس تعامل کی مساوات ہے $Zn + Cu\, SO_4(aq) = Cu + Zn\, So_4(aq) + Q$

مشاہدہ سے حاصل کردہ قیمتوں کو درج کرنے پر

$$Q = 96500 \times [1.096 - 273 \times 3.4 \times 10^{-5}]t$$
$$= 96500 \times 2\,\frac{(1.096-0.0009282)}{4.2}\,cal$$
$$Q = 49937\ cal$$

یہ قیمت بالکل قریب ہے تجرباتی قیمت 50130 cal کے۔

12.6 اکتسابی نتائج(Learning Outcomes)

- ایک تھرموڈائنامک نظام کی حالت کو چند منتخب تبدل مثلاً تپش(T)، دباؤ(P)اور حجم Vاور انٹروپی S سے ظاہر کیا جاتا ہے۔
- ان بنیادی تھرموڈائنامک متبدل کو ملا کر جو مساواتیں ہیں وہ تھرموڈائنامک قوہ، یاتھرموڈائنامک تفاعل یاتوانائی تفاعل کہلاتے ہیں۔
- تھرموڈائنامک قوہ حسب ذیل ہیں۔

1. اندرونی توانائی $dU = TdS - PdV$
2. ہلمہوز کا تفاعل $F = U - TS$
3. گبس کا تفاعل $G = H - TS$
4. انتھالپی $H = U + PV$

- تھرموڈائنامیکل نظام اس وقت ایکوی لیبریم میں رہتے ہیں جب تھرموڈائنامک قوہ کی قیمت اقل ترین ہوتی ہے۔
- وہ تپش جس پر زیادہ سے زیادہ بھی دباؤ عائد کر کے کسی شئے کے بخارات کو مائع میں تبدیل نہیں کیا جاسکتا چاہے جتنا بھی دباؤ میں اضافہ کیا جائے اس شئے کی فاصل تپش(Critical Temperature) کہلاتی ہے۔
- پہلے درجہ کی فیز میں تبدیلی وہ ہے جس میں تپش کے تبدیلی کے بغیر حرارت کا اخراج یا انجذاب عمل میں آتا ہے مثلاً حالت کی تبدیلی مستقل تپش پر۔
- کمتر تپش حاصل کرنے کے لیے سب سے پہلے نمک کا آمیزہ استعمال کیا گیا۔
- گیسوں کو مائع میں تبدیل کر کے اقل ترین تپش حاصل کی جاتی ہے اس عمل میں جول تھامسن پھیلاؤ کا اثر اور باز افزائش ٹھنڈک کا اصول استعمال کیا جاتا ہے۔
- ہوا $-180^0 C$ پر مائع میں تبدیل ہو جاتی ہے۔
- ہائیڈروجن میں $-250^0 C$ پر مائع میں تبدیل ہوتی ہے۔
- ہیلیم۔۔پر مائع میں تبدیل ہوتی ہے۔
- ایک کامل گیس کے لیے جول کیلون اثر صفر ہوتا ہے۔
- قدرتی سبز گھیرے کی گیسس ہیں، پانی کے بخارات، اوزون CO_2، میتھین نائٹرس آکسائیڈ کلورو فلورو کاربن۔

12.7 کلیدی الفاظ(Keywords)

- Enthalpy(ان + تھا + لپی) حرارت مخفی + گبس کی توانائی = انتھالپی: اس سے مرادت مجموعی حرارت مستقل یا حرارت تعامل ہے اس کی مساوات $H = U + PV$ ہے۔

- Reversible Cell(ری+ور+سی+بل، سل): ایک ایسا برقی خانہ جس میں برقی کیمیائی تعامل معکوس سمت میں جاری رہتا ہوتا کہ زائد emf حاصل کیا جاسکے۔
- Sublimation(سب+لی+مے+شن): ایک ٹھوس کی حرارت کے ذریعہ بخارات میں تبدیلی۔
- Evaportion(ای+وا+پو+رے+شن): ایک مائع کی حرارت کے ذریعہ بخارات میں تبدیلی۔

12.8 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

12.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. پہلی اور دوسری TdS مساوات لکھیے۔
2. Cp کی قیمت Cv سے زیادہ کیوں ہوتی ہے۔
3. معکوس تپش (Ti) اور فاضل تپش Tc میں رشتہ لکھیے۔
4. ہلمہوز آزاد توانائی کی مساوات ہ۔

$U + TS$ (a) $\quad U - TS$ (b)

$H + TS$ (c) $\quad H - TS$ (d)

5. گبس قوہ G کی مساوات ہے۔

$U - PV = TS$ (a) $\quad U = PV + TS$ (b)

$U - PV - TS$ (c) $\quad U = PV - TS$ (d)

6. ایک آئسو تھرمل۔ آئسو بارک عمل میں کون سا تھرمو ڈائنامک قوہ مستقل رہتا ہے۔

(a) گبس کا عمل $\quad$ (b) انتھالپی

(c) اندرونی توانائی $\quad$ (d) ہلمہوز تفاعل

7. جول تھامسن اثر کا انحصار ہوتا ہے۔

(a) ابتدائی تپش پر $\quad$ (b) دباؤ میں فرق پر

(c) (a) اور (b) دونوں $\quad$ (d) نہ (a) اور نہ (b)

8. ایک گیس کی معکوس تپش کی مساوات ہے۔

$\frac{a}{Rb}$ (a) $\quad \frac{2a}{Rb}$ (b)

$\frac{3a}{27Rb}$ (c) $\quad \frac{27}{8}\frac{Rb}{a}$ (d)

9. جول تھامسن عددی(Coifficient) کی مساوات ہے۔

(a) $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_H + \frac{1}{Cp}\left(\frac{2a}{RT} - b\right)$ (b) $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_H + \frac{1}{Cp}\left(\frac{2a}{RT} - a\right)$

(a) $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H + Cp\left(\frac{2a}{RT} - b\right)$ (d) $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H + \frac{1}{Cv}\left(\frac{2a}{RT} - T\right)$۔

10. ایک مقناۓ ہوئے پیارامقناطیسی شئے کو اچانک ڈی میگناٹائز کیا جائے تو وہ۔

(a)۔ حرارت جذب کرے گا (b)۔ حرارت خارج کرے گا

(c)۔مائع میں تبدیل ہو گا (d)۔ بخارات بن کر اڑ جائے گا۔

12.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات(Short Answer Type Questions)

1. گبس تفاعل G کی وضاحت کیجئے۔ ثابت کیجئے کہ آئیسو تھرمل۔ آئیسوبارک اثر میں G مستقل رہتا ہے۔
2. گبس، ہلمہوز مساوات کو بیان کیجئے اور ثابت کیجئے۔
3. میکس ویل رشتوں کو استعمال کرتے ہوئے ثابت کیجئے کہ مستقل تپش پر "واڈر وال گیس" کی اندرونی توانائی کا انحصار حجم پر ہوتا ہے۔
4. حراری گنجائش مساوات $Cp - Cv = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$ کو اخذ کیجئے۔
5. تھرموڈائنامک رشتوں کو استعمال کرتے ہوئے ثابت کیجئے کہ $\frac{\partial H}{\partial U} = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V + V\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$ جہاں $H + U = PV$
6. مثالوں کے ذریعہ پہلے درجہ اور دوسرے درجہ کی فیز میں تبدیلی کی وضاحت کیجئے۔

12.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات(Long Answer Type Questions)

1. جول۔ کیلون اثر کیا ہے؟ میکس ویل تھرموڈائنامک رشتوں کے ذریعہ جول۔ کیلون اثر کی وضاحت کیجئے۔
2. جول۔ کیلون اثر کیا ہے، مسامدار ڈاٹ(Porous Plug) تجربے کو بیان کیجئے اور اسکے نتائج پر بحث کیجئے۔ اس اثر سے پیدا ہونے والی ٹھنڈک کے لیے مساوات اخذ کیجئے۔
3. ایک ریورسیبل برقی خانے کے لیے گبس، ہلمہوز(Gibb's – Hemholz) مساوات اخذ کیجئے۔
4. جول۔ تھامسن اثر کیا ہے؟ جب ایک گیس جول۔ تھامسن اثر سے متاثر ہوتی ہے تو اس اثر سے پیدا ہونے والی ٹھنڈک کے لیے مساوات اخذ کیجئے۔

5. گیسوں کو مائع میں تبدیل کرنے کے لیے جول تھامسن اثر کو بیان کیجیے۔ ثابت کیجیے کہ کوئی بھی گیس جول تھامسن اثر سے صرف اسی وقت ٹھنڈی ہوتی ہے جب اس کی تپش معکوس تپش سے کم ہو۔ باز افزائش ٹھنڈک (Regenerative Cooling) کیا ہے؟

12.8.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. Cp کی قیمت Cv مساوات اخذ کیجیے۔

12.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th}& 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 13۔ کمتپش پیدا کرنے کے طریقے

(Methods to Produce Low Temperature)

اکائی کے اجزا

13.0 تمہید

13.1 مقاصد

13.2 کمتپش پیدا کرنے کے طریقے

13.3 جول۔ کیلون کا اثر

13.4 جول۔ تھامسن سرد اثر کی مساوات

13.5 گیسوں کی مائعات میں تبدیلی

13.6 ہائیڈروجن کی مائع میں تبدیلی

13.7 ہیلیم کی مائع میں تبدیلی

13.8 حل شدہ مثالیں

13.9 اکتسابی نتائج

13.10 کلیدی الفاظ

13.11 نمونہ امتحانی سوالات

13.11.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

13.11.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

13.11.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

13.11.4 غیر حل شدہ سوالات

13.12 تجویز کردہ اکتسابی مواد

13.0 تمہید(Introduction)

کم درجہ حرارت کی طبیعیات، سائنس جس کا تعلق درجہ حرارت کی پیداوار اور دیکھ بھال کے ساتھ معمول سے بہت کم، تقریباً مطلق صفر تک، اور مختلف مظاہر کے ساتھ جو صرف ایسے درجہ حرارت پر ہی رونما ہوتے ہیں۔ کم درجہ حرارت کی طبیعیات میں استعمال ہونے والا درجہ حرارت کا پیمانہ کیلون درجہ حرارت کا پیمانہ، یا مطلق درجہ حرارت کا پیمانہ ہے، جو ایک مثالی گیس کے رویے پر مبنی ہے (گیس کے قوانین دیکھیں؛ گیسوں کا حرکیاتی سالماتی نظریہ)۔ کم درجہ حرارت والی طبیعیات کو کرائیوجینک کے نام سے بھی جانا جاتا ہے، جس کا مطلب ہے "سردی پیدا کرنا۔" کم درجہ حرارت کسی مادے سے توانائی کو ہٹا کر حاصل کیا جاتا ہے۔ یہ مختلف طریقوں سے کیا جا سکتا ہے۔ کسی مادے کو ٹھنڈا کرنے کا سب سے آسان طریقہ یہ ہے کہ اسے کسی دوسرے مادے کے ساتھ رابطے میں لایا جائے جو پہلے سے کم درجہ حرارت پر ہے۔ عام برف، خشک برف (ٹھوس کاربن ڈائی آکسائیڈ)، اور مائع ہوا کسی مادے کو تقریباً 80 K° تقریبا- 190°C تک ٹھنڈا کرنے کے لیے یکے بعد دیگرے استعمال کی جا سکتی ہے۔ گرمی کو ترسیل کے ذریعے ہٹایا جاتا ہے، ٹھنڈا ہونے والے مادے سے اس کے رابطے میں ٹھنڈے مادے تک جاتا ہے۔ اگر ٹھنڈا مادہ مائع گیس ہے۔ مائع اپنی گیسی حالت میں واپس آنے پر کافی گرمی کو ہٹایا جا سکتا ہے۔ کیونکہ یہ منتقلی کے دوران بخارات کی اویکت گرمی کو جذب کرے گا۔ مختلف مائع گیسوں کو اس طریقے سے کسی مادے کو 4.2 K° تک ٹھنڈا کرنے کے لیے استعمال کیا جا سکتا ہے، جو مائع ہیلیم کا ابلتا نقطہ ہے۔ اگر مائع ہیلیم کے اوپر سے بخارات کو مسلسل پمپ کیا جاتا ہے تو، یہاں تک کہ کم درجہ حرارت، K° 1 سے بھی کم، حاصل کیا جا سکتا ہے کیونکہ مائع ہیلیم کے مناسب بخارات کے دباؤ کو برقرار رکھنے کے لیے زیادہ ہیلیم کو بخارات بننا چاہیے۔ اس سطح سے نیچے درجہ حرارت کو کم کرنے کے لیے استعمال ہونے والے زیادہ تر عمل میں حرارت کی توانائی شامل ہوتی ہے جو مقناطیسیت سے وابستہ ہوتی ہے۔ حالات کے مناسب امتزاج کے تحت یکے بعد دیگرے میگنیٹائزیشن اور ڈی میگنیٹائزیشن درجہ حرارت کو مطلق صفر سے اوپر ڈگری کے صرف دس لاکھویں حصے تک کم کر سکتی ہے۔ لیکن 1980 کی دہائی کے آخر تک 100° K سے زیادہ درجہ حرارت پر سپر کنڈکٹیویٹی کو ظاہر کرنے والے کئی مواد ملے تھے۔ سپر کنڈکٹیویٹی بعض مادوں میں تمام برقی مزاحمت کا ختم ہو جانا ہے جب وہ ایک عبوری درجہ حرارت تک پہنچ جاتے ہیں جو ایک مادے سے دوسرے میں مختلف ہوتا ہے۔ اس اثر کو طاقتور سپر کنڈکٹنگ میگنیٹ پیدا کرنے کے لیے استعمال کیا جا سکتا ہے۔ مائع ہیلیم میں سپر فلوڈیٹی ہوتی ہے اور مائع ہیلیم کے کسی بھی کنٹینر کے اطراف میں بہنے کے رجحان کا باعث بنتی ہے جس میں اسے رگڑ یا کشش ثقل سے روکے بغیر رکھا جاتا ہے۔

موجودہ دور کے کچھ سائنسی طریقے جو کمتر تپش پیدا کرنے کے لیے استعمال کیے گئے ان سے نئی ایجادات مثلاً اعلیٰ موصلیت(Super Conductivity)اور اعلیٰ سیالیت(Super Fluidity)کے ظاہر دریافت کئے گئے کئی اشیاء کی کمتر تپش پر خصوصیات مثلاً جوہری حرارت، تاثیر پذیری(Susceptibility)حراری اور برقی کنڈکٹی ویٹی اور اوپری ہوائی کرے کے گہرے مطالعہ کے لیے کمتر تپش خاصی اہمیت رکھتی ہے۔

13.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- کمتر تپش پیدا کرنے کے طریقے پر بحث کریں گے۔
- جول۔ کیلون کا اثر کی تعریف کریں گے۔
- جول۔ تھامسن سرد اثر کی مساوا تکو حاصل کریں گے۔
- گیسوں کی معائعات میں تبدیلیپر بحث کریں گے۔
- ہائیڈروجن کی مائع میں تبدیلیپر بحث کریں گے۔
- ہیلیم کی مائع میں تبدیلیپر بحث کریں گے۔

13.2 کمتپش پیدا کرنے کے طریقے (Methods to Produce Low Temperature)

موجودہ دور کے کچھ سائنسی طریقے جو کم تپش پیدا کرنے کے لیے استعمال کیے گئے ان سے نئی ایجادات مثلاً اعلیٰ موصلیت (Super Conductivity) اور اعلیٰ سیالیت (Super Fluidity) کے ظاہر دریافت کئے گئے کئی اشیاء کی کم تپش پر خصوصیات مثلاً جوہری حرارت، تاثیر پذیری (Susceptibility) حراری اور برقی کنڈکٹی ویٹی اور اوپری ہوائی کرے کے گہرے مطالعہ کے لیے کم تپش خاصی اہمیت رکھتی ہے۔

اس لیے کم تپش پیدا کرنے کی تکنیک آج کے دور مکیں موجود ہے جس سے ہم $10^{-6}K$ تک تپش پیدا کر سکتے ہیں۔ کم تپش پیدا کرنے کا ایک عام طریقہ یہ ہے کہ اجسام سے تپش خارج کرنے کے نئے طریقے وضع کیے جائیں۔ کم تپش پیدا کرنے کے طریقے حسب ذیل ہیں۔

1. انجمادی آمیزہ (Freezing Mixtures)

برف کے ساتھ نمک کی چند اقسام استعمال کر کے 0^0C سے کم تپش حاصل کی جاسکتی ہے۔ جب برف کے ساتھ نمک ملایا جاتا ہے تب نمک برف کو کچھ حرارت مہیا کرتا ہے جس سے کچھ برف پگھل جاتی ہے اس سے نمک اس پگھلے ہوئے پانی میں گھل جاتا ہے اس عمل کے لیے درکار ضروری حرارت یعنی گھلنے کے دوران نمک جو حرارت جذب کرتا ہے (محلول کی حرارت) اور انجماد کی حرارت جو برف پگھلنے کے دوران جذب کرتا ہے (حرارت مخفی) محلول سے خارج ہوتی ہے جس کے نتیجہ میں آمیزے کی تپش صفر سے کم ہو جاتی ہے لیکن اس عمل سے کمترین تپش حاصل کی جاسکتی۔ اس عمل سے حاصل ہونے والی تپش معین ہے اس تپش کو سگل تپش (Eutetic Temperature) کہتے ہیں۔ جب یہ تپش حاصل ہو جاتی ہے تو مزید نمک محلول میں نہیں گھلتا اور تپش میں مزید گراوٹ یا کمی نہیں آتی

اس لیے مزید نمک ملانے سے کچھ حاصل نہیں ہوتا مختلف نمکوں کو برف کے ساتھ ملانے پر آمیزہ کی تپش ذیل کے جدول میں دی گئی ہے جس سے ظاہر ہوتا ہے کہ تپش میں کمی کچھ نمایاں نہیں۔

نمک کی قسم	100 گرام آمیزہ میں نمک کی مقدار میں	کمتر (سگل) تپش 0°C میں
$MgSO_4$	19	−3.9
KCl	19.7	−11.1
NH_4Cl	18.6	−15.8
Nacl	22.4	−21.2
$Cacl_2$	29.8	−55
KoH	31.5	−65

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

1. کم دباؤ پر عمل تبخیر (Evaporation of Liquid Under Reduced Pressure)

ایک مائع کو بخارات میں تبدیل ہونے کے لیے حرارت کی ضرورت ہوتی ہے کہ مائع گیس میں تبدیل ہوسکے (بخارات کی حرارت مخفی) اگر مائع حراری طور پر علاحدہ (Isolated) ہے اور بخارات میں تبدیل ہونے کے لیے درکار حرارت مخفی مائع خود فراہم کرتا ہے جس سے تبریدی اثر (Cooling Effect) پیدا ہوتا ہے۔ تبرید کی مقدار کا انحصار مائع کی نوعیت اور تبخیر کی شرح پر ہوتا ہے۔ اگر مائع کی سطح پر دباؤ میں کمی کی جائے اور تبخیر کا عم جاری رکھا جائے اور ایک طیران پذیر (Volatile) مائع کا انتخاب کیا جائے جس کی بخارات کی حرارت مخفی زیادہ ہو تب تبریدی اثر بہت حد تک بڑھایا جاسکتا ہے۔ اس کی جانی مانی مثال مائع امونیا یا سلفر ڈائی آکسائیڈ کا برف کے پلانٹ یا ریفریجریٹر میں استعمال ہے۔

مائع ہیڈروجن اور مائع ہیلیم کے عمل تبخیر سے کم ترین تپش پیدا کی جاسکتی ہے۔ مائع ہیڈروجن کے نارمل دباؤ پر ابلنے سے -255.78^0C اور مائع ہیلیم سے $-268.9C^0$ تک تپش حاصل کی جاسکتی ہے۔ Keesam نے 1932 میں کامیابی کے ساتھ کمترین تپش 0.725K تک حاصل کی۔ جس میں ہیلیم کی سطح پر دباؤ کم ترین یعنی 0.036mm-Hg عائد کیا گیا۔ ہیلیم کے ہمجا (Isotope) He^3 کو کم دباؤ پر جوش دے کر 0.04K تک تپش حاصل کی گئی۔

2. ایک بھچی ہوئی گیس کا ایڈیا بیٹک پھیلاؤ (Adiabatic Expansion of Highly Compressed Gases)

ایک بہت زیادہ بھچی ہوئی گیس کو بیرونی دباؤ کے خلاف اچانک ایڈیا بیٹک طور پر پھیلنے دیا جائے تو گیس کو بیرونی دباؤ کے خلاف پھیلنے کے لیے بہت زیادہ بیرونی کام اور کچھ اندرونی کام بین سالماتی کشش کے خلاف اپنی ہی اندرونی توانائی کے عوض انجام دینا پڑتا ہے۔ کیونکہ ایک گیس کی اندرونی توانائی تفاعل ہے تپش کا اس لیے اس عمل کے دوران بہت کم ترین تپش پیدا ہوتی ہے۔

اگر T_1 اور P_1 ایک گیس کی ابتدائی تپش اور دباؤ ہیں اور T_2 اور P_2 انتہائی تپش اور دباؤ ہیں تب ایک ایک ایڈیا بیٹک پھیلاؤ کے دوران۔

$$T_1 {P_1}^{1-r/r} = T_2 {P_2}^{1-r/r}$$

یا

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P1}{P2}\right)^{r-1/r}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P2}{P1}\right) \frac{r-1}{r}$$

یہ مشاہدہ کیا جاسکتا ہے کہ معمولی ابتدائی تپش T_1 اور زیادہ دباؤ کے فرق کے لیے پھیلنے والی گیس یا تو مائع میں یا ٹھوس میں تبدیل ہوتی ہے مثلاً اگر کاربن ڈائی آکسائیڈ روم کی تپش $(27^0 C)$ کو 150 کرہ ہوائی کے دباؤ پر اچانک پچکایا جائے اور پھر اچانک کرہ ہوائی کے دباؤ پر پھیلنے دیا جائے تو اس کی انتہائی تپش ہوگی۔

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P2}{P1}\right) \frac{r-1}{r} 300 \left(\frac{1}{150}\right)^{\frac{1.3-1}{1.3}}$$

$$= 96k$$

$$= -177^0 C$$

یہ تپش اتنی ہوتی ہے کہ اس تپش پر CO_2 ٹھوس میں تبدیل ہو جاتی ہے جس کو خشک برف (Dry Ice) کہتے ہیں۔ اس حقیقت کو بنیاد بنا کر گیسوں کو مائعات میں تبدیل کرنے کے کئی طریقے وجود میں آئے جس سے کمترین تپش حاصل کرنے میں بہت کامیابی حاصل ہوئی۔

2. جول۔ تھامسن پھیلاؤ باز افزائش ٹھنڈک کے ساتھ

(Joule Thomson Expansion coupled with Regenerative cooling)

ایک گیس جو کم تر تپش پر ہو اگر اسے ایک نفیس دہانہ (سوراخ) سے ایڈیا بیٹک طور پر ایک مستقل زیادہ دباؤ کے مقام سے مستقل کم تر دباؤ کے مقام سے گزارا جائے تب اس کی تپش میں گراوٹ آتی ہے اس کو جول تھامسن پھیلاؤ کہتے ہیں۔ کوئی بھی گیس اس کی معکوس تپش سے کم تپش پر جول تھامسن پھیلاؤ کے ذریعے سرد ہو جاتی ہے لیکن بہت سی گیسوں میں جول تھامسن پھیلاؤ زیادہ سرد اثر پیدا نہیں کرتا۔ اس کے لیے گیسوں میں موثر اثر پیدا کرنے کے لیے اور جول تھامسن پھیلاؤ میں مزید سرد اثر پیدا کرنے کے لیے گیسوں میں ایک عمل استعمال کیا جاتا ہے جسے باز افزائش ٹھنڈک (Regenerative Cooling) کہتے ہیں۔ اس عمل میں گیس کے ایک حصہ کو جو جول تھامسن پھیلاؤ کے ذریعے سرد ہو جاتی ہے دہانے سے آنے والی گیس کے دوسرے حصے کو سرد کرنے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے جس سے یہ گیس مزید سرد ہو جاتی ہے۔ اس طرح دہانے سے خارج ہونے والی گیس دہانے کی طرف آنے والی گیس کو مزید سرد کر دیتی ہے۔ اس طرح مسلسل یہ عمل جاری رکھا جائے تو دہانے سے خارج ہونے والی گیس سرد ترین ہو جاتی ہے اور کم دباؤ کے حصہ پر ایک تپش پر پہونچ جاتی ہے جس پر گیس مائع میں تبدیل ہو جاتی ہے۔

اس عمل کے ذریعہ کئی گیسوں کو سرد ترین تپش پر مائعات میں تبدیل کیا گیا اس عمل کے ذریعے Dewar نے 1898ء میں ہائیڈروجن کو -205^0C پر مائع میں تبدیل کیا جب کہ Kamerlingh Onnes نے ایک کرہ ہوائی دباؤ پر ہیلیم کو -205^0C پر مائع میں تبدیل کیا۔

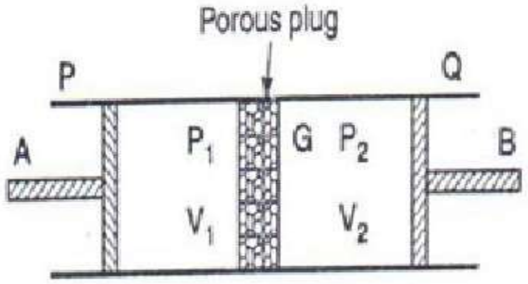
3. حرناگزار ازالہ مقناطیسیت (Aidabatic Demagnetisation)

ایڈیا بیٹک ڈی میگنا ٹائزیشن کے طریقے سے 1K سے بھی کم تپش حاصل کی جاسکتی ہے۔ اس عمل کو 1926 میں Debye اور کچھ ترمیم کے ساتھ Giauque نے 1927 میں دریافت کیا جب ایک پیارا مقناطیسی شئے کو مقنایا جاتا ہے تب عنصر (Elementary) مقناطیسیوں کی صف بندی (Alignment) کرنے کے لیے مقناطیسی میدان میں بیرونی کام انجام دیا جاتا ہے۔ یہ انجام دیا ہوا کام اس شئے میں مقناطیسی توانائی کی شکل کرنے کے لیے کام انجام دینا ہوگا۔ اس کے لیے درکار توانائی شئے میں محفوظ توانائی سے حاصل ہوتی ہے جس کی وجہ سے شئے کی تپش میں کمی ہوتی ہے اور وہ سرد ہو جاتی ہے۔ کم ابتدائی تپش اور طاقتور مقناطیسی میدان عائد کر کے قابل لحاظ حد تک ٹھنڈک حاصل کی جاسکتی ہے۔

1941ء میں De-Hass نے پوٹاسیم اور المونیم کا دوہرا سلفٹ استعمال کر کے 0.002K تک تپش حاسل کی۔ Klerk Stenland اور Gorter نے کرومیم الم اور المونیم الم کے قلموں کے سفوف کو استعمال کرتے ہوئے 0.0014K تک تپش حاصل کی۔

13.3 جول۔ کیلون کا اثر (Joule-Kelvin Effect)

جول کیلو تاثر کے مطالعہ کے لیے تجربہ کو شکل (13.1) میں دکھایا گیا ہے۔ شکل میں PQ ایک حراری حاجز (Insulated) استوانہ ہے۔ جو مسام دار ڈاٹ (Porous Plug) پر مشتمل ہوتا ہے۔ مسام دار اشیاء عام طور پر روئی اور اون پر مشتمل ہوتی ہے۔ استوانے کے دونوں سروں کو حاجز پسٹن A اور B سے جوڑ دیا جاتا ہے۔ یہ مسام دار ڈاٹ کو دو حصوں میں تقسیم کرتی ہے۔ ایک سرے پر گیس کو بلند دباؤ پر پچکایا جاتا ہے۔ پچکی ہوئی گیس کے سالمات کم دباؤ کے حصے کی طرف آتے ہیں تو مسام دار شئے سے گزرتے ہیں جس کی وجہ سے ان کی درمیان کا فاصلہ بڑھ جاتا ہے اور ان کی تپش میں تبدیلی واقع ہوتی ہے۔ تپش میں اس تبدیلی کو جول۔ کیلون اثر کہتے ہیں۔ جس کی توضیح اس طرح کی جاتی ہے۔



شکل(13.1)

جب ایک گیس ایک مستقل دباؤ پر ایک مسام دار ڈاٹ سے ایک کم دباؤ کے حصے میں گزاری جاتی ہے تب گیس کی تپش میں تبدیلی واقع ہوتی ہے۔ اس تپش میں تبدیلی کا مظاہرہ سب سے پہلے جول۔ کیلون نے کیا اس کے لیے اسے جول کیلون یا جول۔ تھامسن کا اثر بھی کہتے ہیں۔

جول۔ کیلون اثر کے نتائج(Results of Joule-Kelvin Effect):

i. تمام گیسیں مسام دار ڈاٹ سے گزرنے پر ان کی تپش میں تبدیلی واقع ہوتی ہے۔

ii. معمولی تپش پر تمام گیسیں سوائے ہائیڈروجن اور ہیلیم کے سرد اثر کا مظاہرہ کرتی ہے۔ مثلاً ہائیڈروجن 0^0C پر ایک کرہ ہوائی کے دباؤ کے فرق پر 0.04^0C تپش میں تبدیلی ظاہر کرتی ہے۔

iii. تپش میں یہ تبدیلی راست تناسب میں رہتی ہے۔ مسام دار ڈاٹ کے دونوں طرف دباؤ کے فرق کے۔

iv. ہر ایک کرہ ہوائی کے دباؤ کے فرق سے تپش میں گراوٹ آتی ہے جب کہ گیس کی ابتدائی تپش میں اضافہ کیا جائے اور ایک خاص تپش پر یہ صفر ہو جاتی ہے۔ اور ہر گیس کے لیے یہ قیمت علاحدہ ہوتی ہے۔ اس تپش سے زائد تپش پر سرد اثر کے بجائے گیس گرم ہونا شروع ہوتی ہے۔ یعنی وہ تپش جس پر جلول کیلون اثر معکوس ہوجاتا ہے۔ معکوس تپش(Temperature of Inversion) کہلاتی ہے۔

اس طرح ہر گیس کو اس کی معکوس تپش سے کم تپش پر مسام دار ڈاٹ سے گزارنے پر یہ سرد ہو جاتی ہے۔ ہائیدروجن کی معکس تپش -80^0C ہے۔ اس طرح ہائیڈروجن کو -80^0C سے کم تپش پر مسام دار ڈاٹ سے گزارنے پر یہ مزید سرد ہو جاتی ہے۔

جول کے پھیلاؤ، ایڈیا بیٹک پھیلاؤ اور جول۔ کیلون پھیلاؤ میں فرق:

(Distinction between Joule Expansion, Adiabatic Expansion and Joule-Kelvin Effect)

i. جول کا پھیلاؤ (Joule Expansion): یہ ایک آزادانہ پھیلاؤ جس میں گیس خلاء میں پھیلتی ہے اس طرح کوئی کام انجام نہیں دیتی۔ اس پھیلاؤ میں گیس بین سالماتی کشش کے خلاف اندرونی کام انجام دیتی ہے۔ اس طرح اصل بیرونی کام کا حاصل گیس میں سرد یا گرم اثر ہوتا ہے جو گیس کی ابتدائی تپش پر منحصر ہوتا ہے۔ عام طور پر اس اثر کا مشاہدہ مشکل ہے کیونکہ استعمال ہونے والے آلات کی حراری گنجائش بلند ہوتی ہے۔

ii. ایڈیا بیٹک پھیلاؤ (Adiabatic Expansion): اس پھیلاؤ میں پچکی ہوئی گیس اچانک پھیلتی ہے اور گیس کرہ ہوائی کے دباؤ کے خلاف بیرنوی کام انجام دیتی ہے۔ یہ عمل اتنا تیز ہوتا ہے کہ ماحول سے کوئی حرارت گیس میں داخل نہیں اس لیے بیرونی کام اندرونی توانائی انجام دیتی ہے اس لیے گیس کی تپش میں گراوٹ آتی ہے اور گیس سرد ہو جاتی ہے اس لیے ایڈیا بیٹک پھیلاؤ میں سرد اثر بیرونی کام کی وجہ سے پیدا ہوتا ہے۔

iii. جول۔ کیلون پھیلاؤ (Joule-Kelvin Expansion): اس پھیلاؤ میں گیس کو بلند دباؤ پر مسام دار ڈاٹ سے کم دباؤ کے حصے کی طرف گزارا جاتا ہے۔ اس لیے گیس پر بیرونی کام انجام دیا جاتا ہے۔ اس کے علاوہ گیس بھی اندرونی کام انجام دیتی ہے۔ جس کی وجہ سے گیس میں سرد اثر یا گرم اثر پیدا ہوتا ہے جو گیس کی ابتدائی تپش پر منحصر ہوتا ہے۔ عام تپش پر سوائے ہائیڈروجن اور ہیلیم کے تمام گیسیں سرد اثر کا مظاہرہ کرتی ہیں۔

13.4 جول۔ تھامسن سرد اثر کی مساوات (Expression for Joule-Thomson Cooling)

ایک حراری حاجز استوانے پر غور کیجیے جیسا کہ شکل (13.1) میں دکھایا گیا ہے۔ PQ ایک مسام دار ڈاٹ G کے ذریعے استوانہ کو دو حصوں میں تقسیم کرتا ہے۔ جسے دو غیر موصل پسٹن A اور B سے جوڑ دیا جاتا ہے۔ فرض کرو کہ پسٹن A ایک گرام مول گیس کو مستقل دباؤ P_1 پر ذریعہ زور مسام دار ڈاٹ G سے گزارتا ہے۔ اس طرح خارج ہونے والی گیس پسٹن B کو دوسرے حصہ میں پیچھے ڈھکیلتی ہے جہاں پر کم دباؤ P_2 ہے۔

تب پسٹن A کا گیس پر انجام دیا ہوا بیرونی کام $= P_1V_1$

پسٹن B پر گیس کا انجام دیا ہوا بیرونی کام $= P_2V_2$

گیس کا انجام دیا ہوا اصل (net) کام $P_2V_2 - P_1V_1$

اس کے علاوہ سالمات کو ان کی باہمی کشش کے خلاف ایک دوسرے سے علاحدہ کرنے ایک اندرونی کام بھی انجام دیتی ہے۔ اگر گیس وینڈر وال مساوات کی پابندی کرتی ہے تب سالمات کے درمیان کشش اندرونی دباؤ (a/V^2) کے مساوی ہونا چاہئے جہاں a ایک

مستقل اور V گیس کا حجم ہے اس لیے ان قوتوں کے خلاف ایک گرام مول گیس کو حجم V_1 اور V_2 تک پھیلنے کے دوران انجام دیا ہوا اندرونی کام ہو گا۔

$$\int_{V1}^{V2} \frac{a}{V^2} dV = \frac{a}{V^1} - \frac{a}{V_2}$$

اس طرح انجام دیا ہوا مجموعی بیرونی کام w ہو گا۔

$$W = (P_2V_2 - P_1V_1) + \frac{a}{V_1} - \frac{a}{V_2} \quad \text{------}(13.1)$$

وینڈر وال مساوات کے مطابق

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

$$PV - Pb + \frac{a}{V} - \frac{ab}{V^2} = RT$$

چونکہ a اور b چھوٹی مقداریں ہیں اس لیے ab/V^2 کو نظر انداز کرنے پر

لہٰذا

$$PV + \frac{a}{V} - Pb = RT$$

$$P_1V_1 = RT - \frac{a}{V_1} + P_1b$$

اور

$$P_2V_2 = RT - \frac{a}{V_2} + P_2b$$

$$\therefore P_2V_2 - P_1V_1 = a\left(\frac{a}{V_1} - \frac{a}{V_2}\right) - (P_1 - P_2)b \quad \text{-------}(13.2)$$

مساوات (13.2) سے $(P_2V_2 - P_1V_1)$ کی قیمت مساوات (13.1) میں درج کرنے پر

$$W = a\left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2}\right) - b(P_1 - P_2) + \frac{a}{V_1} - \frac{a}{V_2}$$

$$W = 2\left[\frac{a}{V_1} - \frac{a}{V_2}\right] - b(P_1 - P_2) \quad \text{----------}(13.3)$$

چونکہ

$$PV = RT \text{ لہٰذا } \left(\frac{1}{V} = \frac{P}{RT}\right)$$

اور چونکہ $\frac{a}{V_1}, \frac{a}{V_2}$ چھوٹی مقداریں ہیں اس لیے تقریباً مساوی (Approximate) مساوات کے لیے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\frac{a}{V_1} = \frac{P_1a}{RT} \text{ اور } \frac{a}{V_2} = \frac{P_2a}{RT}$$

ان قیمتوں کو مساوات (13.3) میں درج کرنے پر

$$W = 2\left(\frac{P_1a}{RT} - \frac{P_2a}{RT}\right) - (P_1 - P_2)^b$$

$$= \frac{2a}{RT}(P_1 - P_2) - b(P_1 - P_2)$$

$$W = P_1 - P_2\left(\frac{2a}{RT} - b\right) \quad \text{---------}(13.4)$$

چونکہ یہ نظام حراری طور پر حاجز ہے اس لیے یہ کام اندرونی توانائی انجام دیتا ہے۔ جس سے گیس سرد ہو جاتی ہے۔ فرض کیجئے۔ dT پش میں گراوٹ کو ظاہر کرتی ہے۔ اور Cp مستقل دباؤ پر حرارت نوعی ہو تب اصل تپش کو بحال کرنے درکار حرارت کی مقدار $-Cp^{dT}$ کیلوریز ہوگی اور جول میں $-Cp^{dTJ}$ ہوگی لہٰذا۔

$$-CpdTJ = (P_1 - P_2)\left(\frac{2a}{RT} - a\right)$$

$$dT = -\frac{(P_1 - P_2)}{CpJ}\left(\frac{2a}{RT} - a\right) \quad \text{----------}(13.5)$$

مساوات (13.5) حاصل ہونے والی سرد تپش کو ظاہر کرتی ہے۔ مساوات (13.5) سے ظاہر ہے کہ

a. کسی بھی تپش T پر حاصل ہونے والی ٹھنڈک راست تناسب میں رہتی ہے دباؤ میں فرق کے۔

b. مسام دار ڈآٹ کے اطراف ایک دیے ہوئے دباؤ کے فرق $(P_1 - P_2)$ کے لیے حاصل ہونے والی ٹھنڈک ابتدائی کمتر تپش T سے کم ہوتی ہے۔

معکوس تپش پر ہائیڈروجن اور ہیلیم کا برتاؤ (Behaviour of Hydrogen and Helium at Tempration of Inversion)

مساوات (13.5) سے ہم حسب ذیل حقائق کا مشاہدہ کر سکتے ہیں۔

a. اگر $\left(\frac{2a}{RT} - a\right)$ مثبت ہو یعنی اگر $T < \frac{2a}{Rb}$ تب dT کی قیمت منفی ہوگی اس لیے گیس سرد اثر کا مظاہرہ کریں گی۔

b. اگر $\left(\frac{2a}{RT} - a\right)$ منفی ہو یعنی اگر $T > \frac{2a}{Rb}$ تب dT کی قیمت مثبت ہوگی اور گیس گرم اثر کا مظاہرہ کریں گے۔

c. تاہم $\left(\frac{2a}{RT} - 0\right)$ تب $T = \frac{2a}{Rb}$ تب dT=0 اس حالت میں گیس کی تپش میں کوئی تبدیلی نہیں ہوگی۔ اور اس تپش T کو معکوس تپش (Temperature of Inversion) کہتے ہیں اور T_i سے ظاہر کرتے ہیں۔

لہٰذا

$$Ti = \frac{2a}{Rb} \quad \text{---------}(13.6)$$

اس لیے ہر گیس اس کی معکوس تپش سے زائد تپش پر گرم اثر اور معکوس تپش سے کم تپش پر سرد اثر کا مظاہرہ کرتی ہے۔ ہائیڈروجن اور ہیلیم کی معکوس تپش بالترتیب -80^0C اور -240^0C ہے اس لیے عام تپش پر یہ گرم اثر کا مظاہرہ کرتی ہیں۔

معکوس تپش اور فاضل تپش میں رشتہ

(Relation between Temperature of Inversion & Temperature of Inversion)

معکوس کی مساوات ہے

$$Ti = \frac{2a}{Ra}$$

جہاں a اور b وانڈرول مستقل ہیں

فاضل تپش Tc کی مساوات ہوگی

$$Tc = \frac{8a}{27Rb}$$

$$\frac{Ti}{Tc} = \frac{2a}{Rb}, \frac{27Rb}{8a} = \frac{27}{4}$$

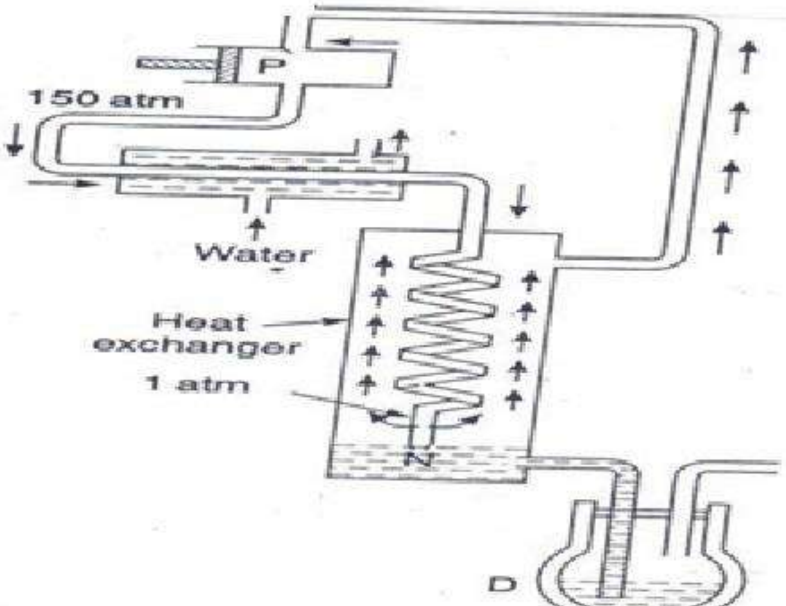
$$\frac{Ti}{Tc} = \frac{27}{4} \text{ یا } Ti = 6.75Tc$$

13.5 گیسوں کی معائعات میں تبدیلی (Liquefication of Gases)

گیسوں اور ہوا مائعات میں تبدیلی کرنے کے لیے جول۔ تھامسن کا اثر اور ری جنیز یٹیو کولنگ کا اصول استعمال کر کے کیا جاتا ہے۔ ذیل میں ہم ہوا کو مائع میں تبدیل کرنے کے چند طریقوں کا مطالعہ کریں گے۔

1) ہیمپسن کا مائع گر (Hampson Liquifiier)

ہیمپسن کا ہوا کو مائع میں تبدیل کرنے کا طریقہ شکل (13.2) میں دکھایا گیا ہے۔



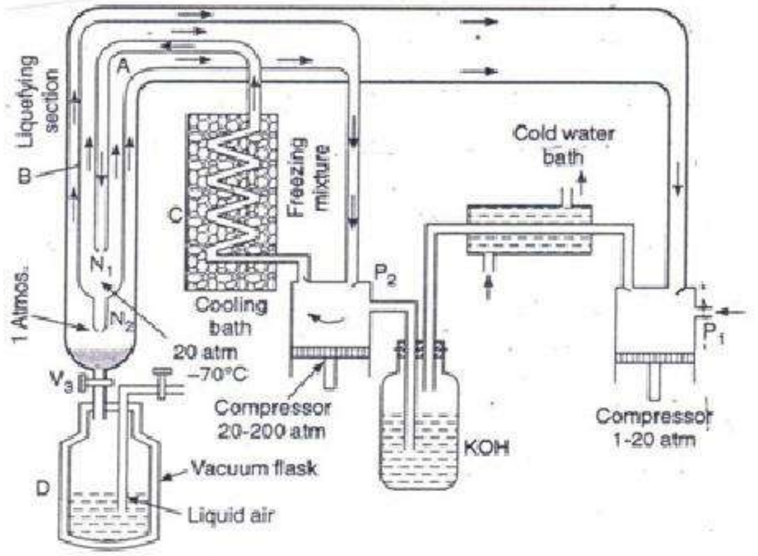
شکل (13.2)

ایک دباؤ گر (P(Compressor میں 150 کرہ ہوائی کے دباؤ پر ہوا کو جو گرد و غبار، کہر کاربن ڈائی آکسائیڈ وغیرہ سے پاک ہو پچکایا جاتا ہے۔ پچکاؤ سے پیدا ہونے والی حرارت کو دور کرنے کے لیے اس پچکی ہوئی ہوا کو ایک نلی سے گزارا جاتا ہے جو ٹھنڈے پانی سے بھرے جیکٹ سے گھری ہوتی ہے ہوا کو ایک مرغولہ نما (Spiral tube) سے گزارا جاتا ہے جہاں پر حرارت کا تبادلہ عمل میں آتا ہے۔

دہانے N سے گزرنے کے دوران یہ ہوا جول۔ تھامسن اثر سے متاثر ہوتی ہے۔ دہانے کے باہر کرہ ہوائی کا دباؤ ایک atm ہوتا ہے۔ اس طرح یہ ہوا سرد ہو جاتی ہے۔ اس کو مزید سرد کرنے کے لیے بازافزائش ٹھنڈک کا استعمال کیا جاتا ہے۔ یعنی ہوا کہ مرغولہ نما نلی سے واپس گزارا جاتا ہے۔ یہ آنے والی ہوا کو سرد کردیتی ہے اور پمپ کو واپس ہو جاتی ہے۔ یہ عمل جاری رکھا جاتا ہے۔ یہاں تک کہ ہوا کی تپش $-180^o C$ ہو جاتی ہے۔ اس مائع ہوا کو Deewar کی فلاسک (صراحی) D میں جمع کرلیا جاتا ہے۔

2) Lindle کا مائع گر (Lindle Liquefier)

Lindle کے مائع گر کو شکل (13.3) میں دکھایا گیا ہے۔ یہ دو کمپریسر (پچکاؤ گر) P_1 اور P_2 پر مشتمل ہوتا ہے۔ پہلا پچکاؤ گر P_1 ہوا کو 20 کرہ ہوائی کے دباؤ پر پچکاتا ہے۔ اس پچکی ہوئی ہوا کو ایک سرد پانی کے ٹب سے گزارا جاتا ہے جو پچکاؤ کی حرارت کو جذب کرلیتا ہے۔ اس ہوا کا سٹک پوٹاش، کیلشیم کلورائیڈ اور فاسفورس پنٹا آکائیڈ سے گزارا جاتا ہے تاکہ ہوا پانی اور کاربن ڈائی آکسائیڈ سے پاک ہو جائے۔ کیونکہ ہوا مائع میں تبدیل ہونے سے قبل ہی پانی اور کاربن ڈائی آکسائیڈ ٹھوس میں تبدیل ہو جاتے ہیں۔ اور ہوا کے مائع بننے کے عمل کو روک دیتے ہیں۔ پانی اور CO_2 سے پاک یہ ہوا اور دوسرا پچکاؤ گر P_2 میں داخل ہوتی ہے جہاں اس کو 200 کرہ ہوائی کے دباؤ تک پچکاؤ جاتا ہے یہ پچکی ہوا اب ایک مرغولہ نما نلی سے گزرتی ہے۔



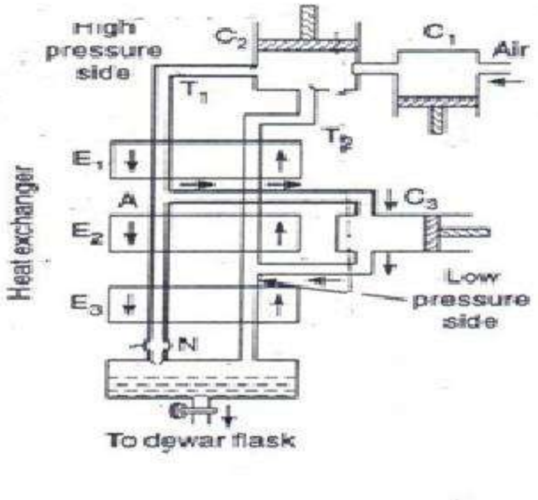
شکل (13.3)

جس کو ایک منجمد آمیزے میں رکھا جاتا ہے جہاں پر اثر ہوا کی تپش $-20^0 C$ ہو جاتی ہے۔ اس طرح بلند دباؤ پر پچکی ہوئی یہ سرد ہوا مائع گر کے حصے سے گزرتی ہے اور دہانے N_1 سے گزرنے کے دوران جول۔ تھامسن پھیلاؤ سے متاثر ہوتی ہے اس ہوا کو 20 atm دباؤ پر پھیلنے دیا جاتا ہے جس کی وجہ سے ہوا کی تپش $-70^0 C$ ہو جاتی ہے۔ اس مرحلہ پر دہانہ N_2 کو بند رکھا جاتا ہے تاکہ باز افزائش

ٹھنڈک کا عمل کیا جاسکے۔ اس طرح یہ سرد ہوا ایک کشادہ نلی B کے ذریعہ پچکاؤ گر P_2 کو واپس بھیجی جاتی ہے جہاں پر اسے مزید atm 200 تک پچکایا جاتا ہے۔ پچکاؤ گر P_2 کو پہونچنے کے وران نلی A سے آنے والی ہوا اسکو مزید سرد کر دیتی ہے اس طرح باز افزائش ٹھنڈک کا عمل جاری رکھ کر ہوا کی تپش میں مسلسل کمی لائی جاتی ہے۔ یہاں تک کہ اس کی تپش -183^0C ہو جاتی ہے اب دوسرا دہانہ N_2 کھول دیا جاتا ہے جہاں پر یہ سرد ہوا کرہ ہوائی کے دباؤ پر پھیلتی ہے اور مائع میں تبدیل ہو جاتی ہے اس مائع کو Deewar کی صراحی D میں جمع کر لیا جاتا ہے۔

3) Claude کا مائع گر (Claud's Air Liquefier)

Hampson اور Lindle کے مائع گر کے استعداد (Efficiency) بہت کم ہوتی ہے۔ مائع گر کی استعداد میں اضافہ کے لیے Claude نے ایڈیا بیٹک پھیلاؤ کا طریقہ استعمال کیا یعنی پچکی ہوئی ہوا کو ایک استوانے میں ایڈیا بیٹک طور پر پھیلاؤ کا طریقہ اختیار کیا۔ کم تپش پر ایڈای بیٹک پھیلاؤ کے عمل میں اہم دشواری مناسب تدہین (Lubricants) کی عدم دستیابی ہے جو استوانے کے متحرک اجزاء کے لیے ضروری ہے۔ کیونکہ معمولی تدہین کم تپش پر ٹھوس میں تبدیل ہو جاتی ہیں۔ اس دشواری پر قابو پانے کے لیے Clause نے پٹرولیم، ایتھر کا بطور تدہین استعمال کیا۔ کیونکہ -160^0C تک اس کی لزوجی (Viscious) خصوصیات قائم رہتی ہیں۔ Claude کے مائع گر کو شکل (13.4) میں دکھایا گیا ہے۔



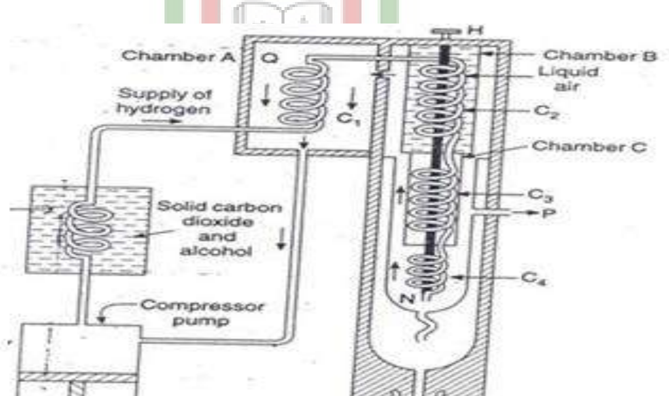
شکل (13.4)

کاربن ڈائی آکسائیڈ اور پانی کے بخارات سے پاک ہوا کو پچکاؤ گر C_1 اور C_2 کی مدد سے 40 atm تک پچکایا جاتا ہے۔ اس پچکی ہوئی گیس کو نلی T_1 سے گزارا جاتا ہے اس نلی T_1 کو تین حراری تبادلہ گر (Heat Exchanger) E_1, E_2 اور E_3 سے گزارا جاتا ہے۔ مقام A پر حراری تبادلہ گر E_1 کو دو حصوں میں تقسیم کیا جاتا ہے۔ پہلے حصہ سے ہوا کے بہاؤ کو نلی T_1 سے جاری رکھا جاتا ہے اور یہ

ہوا E_2 اور E_1 سے گزرتی ہے۔ دوسرے حصے سے گزرنے والی ہوا کو پچکاؤ گر C_3 سے گزارا جاتا ہے جہاں یہ ایڈیا بیٹک طریقے سے پھیلتی ہے اور استوانے کے پسٹن کو باہر کی جانب ڈھکیلتی ہے اور بیرونی کام انجام دیتی ہے۔ اس پھیلاؤ کی وجہ سے ہوا سرد ہو جاتی ہے اور یہ سرد ہوا نلی T_2 میں داخل ہوتی ہے اور E_2 سے آنے والی ہوا سے مل جاتی ہے۔ جس سے آنے والی ہوا کی تپش میں مزید کمی آتی ہے۔ دہانے N سے گزرنے کے دوران یہ ہوا جول تھامسن پھیلاؤ سے متاثر ہوتی ہے اس باز افزائش ٹھنڈک کے عمل کو جاری رکھا جاتا ہے۔ یہاں تک کہ وہ اپنی مائع میں تبدیل ہونے کی تپش حاصل کر لیتی ہے اس مائع ہوا کو Deewar کی صراحیمیں جمع کر لیا جاتا ہے۔ کچھ تکنیکی دشواریوں کی وجہ سے یہ طریقہ اتنا کارگر د نہیں جتنا کہ lindle کا طریقہ ہے۔

13.6 ہائیڈروجن کی مائع میں تبدیلی (Liquificatin of Hydrogen)

Olszewski نے 1895 میں ہائیڈروجن کو 190 atm دباؤ پر پچکا کر ایڈیا بیٹک طور پر اسے پھیلاؤ کے ذریعہ -211^0C تک تپش حاصل کی جس سے ہائیڈروجن قلیل مقدار میں مائع میں تبدیل ہوئی۔ اس سے مسئلہ کا حل نہیں ہوا۔ Deewar نے 1898 میں جول تھامسن اثر استعمال کرتے ہوئے ہائیڈروجن کو مائع میں تبدیل کیا Deewar نے جو آلہ استعمال کیا اسے شکل (13.5) میں دکھایا گیا ہے۔



شکل (13.5)

ہائیڈروجن گیس کو دھول گرد CO_2 اور پانی کے بخارات اور دوسری آلودگی سے پاک کیا جاتا ہے اس خالص ہائیڈروجن کو ایک پچکاؤ پمپ کے ذریعے 200 atm تک پچکایا جاتا ہے اور اس گیس کو ایک لچھے (Coil) سے گزارا جاتا ہے جو ٹھوس CO_2 (خشک برف) اور الکوہل میں ڈوبا رہتا ہے جس سے گیس سرد ہو جاتی ہے۔ اس گیس کو ایک اور لچھے C_1 سے گزارا جاتا ہے جو ایک چیمبر A میں رکھا جاتا ہے۔ جہاں سے مزید سرد ہو کر یہ گیس ایک باز افزائش (Regeneration) لچھے C_2 سے گزرتی ہے جو چیمبر B میں مائع ہوا میں ڈوبا

رہتا ہے۔ یہاں پر یہ گیس 170^0C- تپش حاصل کر لیتی ہے۔ اس کے بعد اسے لچھے C_3 سے گزارا جاتا ہے۔ جو چیمبر C میں رکھا ہوتا ہے جس میں ہوا کا دباؤ کمترین یعنی 10 سنٹی میٹر پارے کا دباؤ ہوتا ہے جس پر مائع ہوا ابلتی ہے۔ اس طرح لچھے C میں موجود ہائیڈروجن مزید سرد ہو کر 200^0C- تپش حاصل کر لیتی ہے اس تپش پر ہائیڈروجن کو باز افزائش لچھے C_4 سے گزارا جاتا ہے جہاں وہ دہانہ N سے گزرنے کے دوران جول۔ تھامسن اثر سے متاثر ہو کر مزید سرد ہو جاتی ہے اس طرح دہانہ N سے آنے والی سرد ہائیڈروجن کو باز افزائش ٹھنڈک کے لیے پیچھے کی جانب رواں رکھا جاتا ہے جہاں وہ مختلف لچھوں سے گزرتی ہے۔ اس عمل کو چند سائیکل تک جاری رکھا جاتا ہے اور جول تھامسن پھیلاؤ کے زیر اثر دہانہ N سے نکلنے کے دوران اس کی تپش 250^0C- ہو جاتی ہے۔ اور یہ مائع میں تبدیل ہو جاتی ہے اس طرح مائع میں تبدیل ہائیڈروجن کو Deewar کی صراحی D میں جمع کر لیا جاتا ہے۔

13.7 ہیلیم کی مائع میں تبدیلی (Liquefacation of Helium)

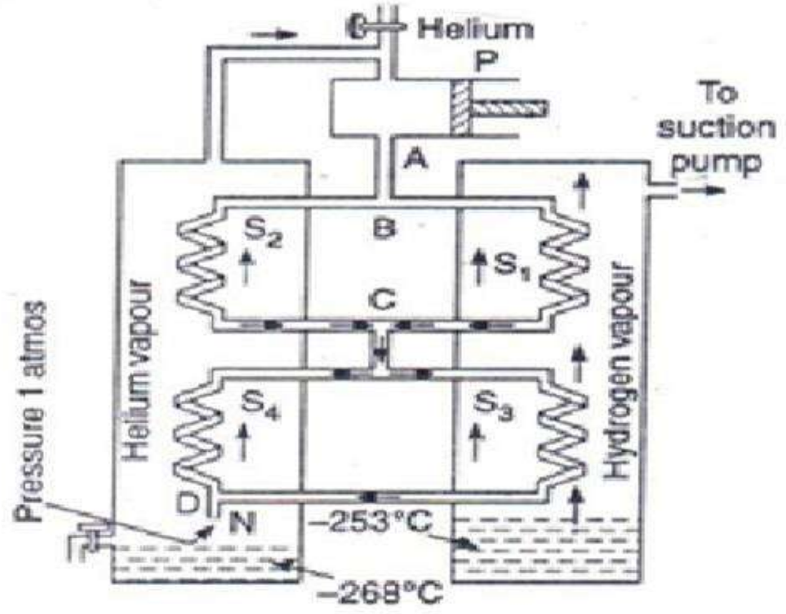
ہیلیم وہ آخری گیس ہے جسے مائع میں تبدیل کیا گیا۔ 1908ء سے قبل ہیلیم کو مائع بنانے کی تمام کوششیں ناکام ہو گئیں کیونکہ ہیلیم کی کریٹیکل تپش 208^0C- ہے۔ اس لیے ہیلیم کو مائع بنانے کے لیے ضروری ہے کہ اسے 208^0C- سے کمتر تپش پر مائع بنانے کا عمل شروع کیا جائے۔ 1908 میں Kamerlingh Onnes بغور مطالعہ کے جول تھامسن پھیلاؤ کا استعمال کرتے ہوئے ہیلیم کو مائع میں تبدیل کرنے میں کامیابی حاصل کی۔ اس نے نشاندہی کی کہ ہیلیم کو معکوس تپش 240^0C- ہے اور اس سے کمتر تپش پر کم دباؤ اسے مائع ہائیڈروجن کے ذریعہ میں تبدیل کیا جاسکتا ہے اس تصور کے ساتھ اس نے ہیلیم مائع گر کو ترقی دی اور جول تھامسن اثر کے ذریعے پہلے سے سرد شدہ ہیلیم کو مائع میں تبدیل کیا۔ 1934ء میں Kapitza نے Claude کے طریقے میں ترمیم کر کے ہیلیم کو مائع میں تبدیل کیا۔

ہم ان دو طریقوں سے ہیلیم کو مائع بنانے کے عمل کا تفصیلی مطالعہ کریں گے۔

1) Kammerlingh Onnes کا ہیلیم مائع گر (Kammerlingh Onnes Helium Liquefier)

اس مائع گر کو شکل (13.6) میں دکھایا گیا ہے۔ خالص، خشک اور پہلے سے سرد ہیلیم کو پچکاؤ گر P کے ذریعہ 40 atm تک پچکایا جاتا ہے مقام B پر اسے دو حصوں میں تقسیم کر دیا جاتا ہے۔ ایک حصہ مرغولہ نما نلی S_1 سے گزرتا ہے جہاں کم تر دباؤ پر ابلتی ہوئی مائع ہائیڈروجن اسے مزید سرد کر دیتی ہے۔ دوسرا حصہ مرغولہ نما نلی S_2 سے گزرتا ہے جس سے خارج ہونے والی ہیلیم گیس جول۔ تھامسن اثر سے متاثر ہو کر مزید سرد ہو جاتی ہے۔ اس طرح S_1 اور S_2 سے گزرتا ہوئے یہ گیس C پر پھر مل جاتی ہے جہاں پر اسے مزید دو حصوں میں تقسیم کر دیا جاتا ہے۔ اور مرغولہ نما نلی S_3 اور S_4 سے گزارا جاتا ہے۔ یہاں بھی وہی عمل گزرنے کے درمیان کیا جاتا ہے جو S_1 اور S_2 سے گزرنے کے درمیان کیا جاتا ہے۔ اس طرح یہ دو حصے S_3 اور S_4 سے گزرنے کے بعد مزید سرد ہو کر D پر ملتے ہیں اور دہانہ N سے نکالنے کے دوران جول تھامسن اثر سے متاثر ہو کر مزید سرد ہو جاتی ہے اور بلند ہوتی ہے اور آنے والی ہیلیم گیس کو سرد کر دیتی

ہے اس عمل کو مسلسل جاری رکھا جاتا ہے یہاں تک کہ ہیلیم گیس کی تپش -268^0C ہو جاتی ہے اور بالآخر مائع ہیلیم میں تبدیل ہو جاتی ہے۔

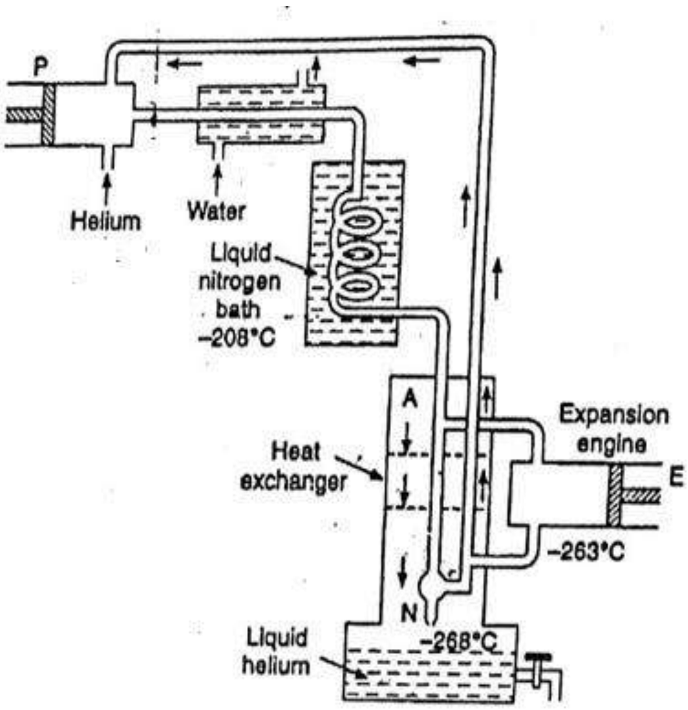


شکل(13.6)

2) Kapitzaکا ہیلیم مائع گر(Kapitza Helium Liquefier)

Kapitza نے Claude کے طریقے میں جو اہم ترمیم کی وہ پھیلاؤ انجن میں کی جس میں کوئی تدہین(Laburicant) استعمال نہیں کیا۔ کیونکہ اس قدر کم تپش پر تمام تدہین منجمد ٹھوس کی شکل اختیار کر لیتے ہیں اس نے ایک پچکاؤ گر استعمال کیا جس میں ایک استوانے کو پسٹن ڈھیلی طرح(Loosely)فٹ کیا اور گیس کے اخراج کے لیے ایک تنگ راستہ رکھا۔ جب گیس پھیلتی ہے تو اس راستے سے بہت کم مقدار میں گیس کا اخراج عمل میں آتا ہے۔ گیس کا پھیلاؤ اس قدر تیز ہوتا ہے کہ تنگ راستے سے خارج ہونے والی گیس قابل نظر انداز ہوتی ہے اس مائع کو گر کو شکل13.7 میں دکھایا گیا ہے۔

خالص اور خشک ہیلیم کو پچکاؤ گر P کے ذریعہ 30 atm کے دباؤ تک پچکایا جاتا ہے۔ پچکاؤ کی حرارت کو دور کرنے کے لیے نلی کے اطراف بہتے ہوئے پانی کا جیکٹ رکھا جاتا ہے جس سے گیس سرد ہو جاتی ہے۔ گیس کو مزید سرد کرنے کے لیے ابلتی ہوئی نائیٹروجن کے ٹب سے گزارا جاتا ہے۔



شکل(13.7)

اس طرح مزید سرد ہونے والی گیس کو مقام A پر دو حصوں میں تقسیم کیا جاتا ہے تا کہ حرارت کا تبادلہ ہو سکے ایک حصہ پھیلاؤ انجن E سے گزرتا ہے اور ایڈیا بیٹک پھیلاؤ کے ذریعہ گیس سرد ہو کر -263^0C تپش حاصل کر لیتی ہے۔

گیس مزید سرد ہو کر بلند ہوتی ہے اور دہانہ N سے آنے والی گیس کو سرد کر دیتی ہے۔ دوسرا حصہ دہانہ N سے گزرنے کے دوران پھیلتا ہے اور گیس اتنی سرد ہو جاتی ہے کہ مائع میں تبدیل ہو جاتی ہے۔ مائع میں تبدیل ہیلیم کو Deewar کی صراح D میں حاصل کر لیا جاتا ہے۔

13.8 حل شدہ مثالیں(Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

اگر کاربن ڈائی آکسائیڈ روم کی تپش (27^0C) کو 150 کرہ ہوائی کے دباؤ پر اچانک پچکایا جائے اور پھر اچانک کرہ ہوائی کے دباؤ پر پھیلنے دیا جائے تو اس کی انتہائی تپش ہو گی۔

حل:

$$T_2 = T_1\left(\frac{P2}{P1}\right)\frac{r-1}{r}300\left(\frac{1}{150}\right)^{\frac{1.3-1}{1.3}}$$

$$= 96k$$

$$= -177^0C$$

13.9 اکتسابی نتائج(Learning Outcomes)

- تھرموڈائنامیکل نظام اس وقت ایکوی لیبریم میں رہتے ہیں جب تھرموڈائنامک قوہ کی قیمت اقل ترین ہوتی ہے۔
- وہ تپش جس پر زیادہ سے زیادہ بھی دباؤ عائد کر کے کسی شئے کے بخارات کو مائع میں تبدیل نہیں کیا جاسکتا چاہے جتنا بھی دباؤ میں اضافہ کیا جائے اس شئے کی فاصل تپش(Critical Temperature) کہلاتی ہے۔
- پہلے درجہ کی فیز میں تبدیلی وہ ہے جس میں تپش کے تبدیلی کے بغیر حرارت کا اخراج یا انجذاب عمل میں آتا ہے مثلاً حالت کی تبدیلی مستقل تپش پر۔
- کمتر تپش حاصل کرنے کے لیے سب سے پہلے نمک کا آمیزہ استعمال کیا گیا۔
- وہ دباؤ اور تپش جس پر کوئی مائع، ٹھوس اور گیسی(بخارات) حالت میں بہ یک وقت ہم وجود ہو تہر انقطہ(Triple Point) کہلاتا ہے۔
- گیسوں کو مائع میں تبدیل کر کے اقل ترین تپش حاصل کی جاتی ہے اس عمل میں جول تھامسن پھیلاؤ کا اثر اور باز افزائش ٹھنڈک کا اصول استعمال کیا جاتا ہے۔
- ہوا $-180^0 C$ پر مائع میں تبدیل ہو جاتی ہے۔
- ہائیڈروجن میں $-250^0 C$ پر مائع میں تبدیل ہوتی ہے۔
- ہیلیم۔۔پر مائع میں تبدیل ہوتی ہے۔
- ایک کامل گیس کے لیے جول کیلون اثر صفر ہوتا ہے۔
- قدرتی سبز گھیرے کی گیسس ہیں، پانی کے بخارات، اوزون CO2، میتھین نائٹرس آکسائیڈ کلورو فلورو کاربن۔

13.10 کلیدی الفاظ(Keywords)

- Regelation(ری+جی+لیشن): برف پر دباؤ عائد کیا جائے تو برف پگھل جاتی ہے اور دباؤ ہٹالیا جائے تو دوبارہ جم جاتی ہے اس عمل کو ریجیلیشن کہتے ہیں۔
- Reversible Cell(ری+ور+سی+بل، سل): ایک ایسا برقی خانہ جس میں برقی کیمیائی تعامل معکوس سمت میں جاری رہتا ہو تا کہ زائد emf حاصل کیا جاسکے۔
- Sublimation(سب+لی+مے+شن): ایک ٹھوس کی حرارت کے ذریعہ بخارات میں تبدیلی۔
- Evaportion(ای+وا+پو+رے+شن): ایک مائع کی حرارت کے ذریعہ بخارات میں تبدیلی۔

- Temperature of Inversion(ٹمپ + رے + چر + آف + انور + ژن): جول۔ تھامسن سرد اثر میں وہ تپش جس سے کم تپش پر گیس میں سرد اثر اور اس سے زیادہ تپش پر گرم اثر پیدا ہوتا ہے۔
- Liquefication(لیک + وی + فی + کیشن): کمترین تپش پر مائع کو گیس میں تبدیل کرنا۔
- Adiabatic Demagnetisation(ایڈ + یا + بیٹک + ڈی + میگنا + ٹا + ئزیشن): ایڈ بیٹک طریقے سے مقناطیسی شئے کی مقناطیسیت اچانک ختم کردینا جس سے مقناطیسی شئے سرد ہو جاتی ہے۔

13.11 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

13.11.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. پہلی اور دوسری TdS مساوات لکھیے۔
2. معکوس تپش (Ti) اور فاضل تپش Tc میں رشتہ لکھیے۔
3. 1k سے کم ترین تپش کس طریقے سے پیدا کی جاتی ہے نام لکھیے۔
4. جول تھامسن ٹھنڈک کی مساوات لکھیے۔
5. گبس قوہ G کی مساوات ہے۔

$U - PV = TS$ (a) $\qquad U = PV + TS$ (b)

$U - PV - TS$ (c) $\qquad U = PV - TS$ (d)

6. ایک آئسوتھرمل۔ آئسوبارک عمل میں کون ساتھرموڈائنامک قوہ مستقل رہتا ہے۔

(a) گبس کا عمل (b) انتھالپی

(c) اندرونی توانائی (d) ہلمہوز تفاعل

7. جول تھامسن اثر کا انحصار ہوتا ہے۔

(a) ابتدائی تپش پر (b) دباؤ میں فرق پر

(c) (a) اور (b) دونوں (d) نہ (a) اور نہ (b)

8. ہائیڈروجن اور ہیلیم نارمل تپش پر کس اثر کا اظہار کرتے ہیں۔

(a) سرد اثر کا (b) گرم اثر کا

(c) کبھی سرد کبھی گرم (d) کسی اثر کا اظہار نہیں کرتے۔

9. ایڈیابیٹک ڈی میگناٹائزیشن کے ذریعہ جو اقل ترین تپش حاصل کی گئی اس کی قیمت ہے۔

1k (b) 10K (a)

0k (d) 0.25k (c)

10. جول تھامسن عددی(Coifficient) کی مساوات ہے۔

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_H + \frac{1}{Cp}\left(\frac{2a}{RT} - a\right) \text{ (b)} \qquad \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_H + \frac{1}{Cp}\left(\frac{2a}{RT} - b\right) \text{ (a)}$$

$$-\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H + \frac{1}{Cv}\left(\frac{2a}{RT} - T\right) \text{ (d)} \qquad \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H + Cp\left(\frac{2a}{RT} - b\right) \text{ (a)}$$

13.11.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات(Short Answer Type Questions)

1. وضاحت کیجئے کہ ہیلیم کو مائع میں تبدیل کرنا کیوں مشکل ہے؟
2. کمترین تپش پیدا کرنے کے چار طریقوں کی وضاحت کیجئے۔
3. ایک ریفریجریٹر کے کام کرنے کے اصول کو مختصر بیان کیجئے۔

13.11.3 طویل جوابات کے حامل سوالات(Long Answer Type Questions)

1. جول۔ کیلون اثر کیا ہے، مسامدار ڈاٹ(Porous Plug) تجربے کو بیان کیجئے اور اسکے نتائج پر بحث کیجئے۔ اس اثر سے پیدا ہونے والی ٹھنڈک کے لیے مساوات اخذ کیجئے۔
2. جول۔ تھامسن اثر کیا ہے؟ جب ایک گیس جول۔ تھامسن اثر سے متاثر ہوتی ہے تو اس اثر سے پیدا ہونے والی ٹھنڈک کے لیے مساوات اخذ کیجئے۔
3. گیسوں کو مائع میں تبدیل کرنے کے لیے جول تھامسن اثر کو بیان کیجئے۔ ثابت کیجئے کہ کوئی بھی گیس جول تھامسن اثر سے صرف اسی وقت ٹھنڈی ہوتی ہے جب اس کی تپش معکوس تپش سے کم ہو۔ باز افزائش ٹھنڈک(Regenerative Cooling) کیا ہے؟
4. جول تھامسن ٹھنڈک اور ایڈیا بیٹک ٹھنڈک میں فرق واضح کیجئے۔ ہیلیم گیس کو مائع میں کس طرح تبدیل کیا جاتا ہے؟ واضح کیجئے۔
5. ہائیڈروجن کو مائع میں تبدیل کرنے کا طریقہ بیان کیجئے۔ اسے مائع میں تبدیل کرنے کا اصول بیان کیجئے۔
6. ایڈیا بیٹک ڈی میگنا ٹائزیشن کیا ہے؟ کم ترین تپش پیدا کرنے کے لیے اس اصول کو کس طرح بیان کیا جاتا ہے۔ بیان کیجئے۔
7. باز افزائش ٹھنڈک کیا ہے؟ اس طریقہ کو استعمال کرتے ہوئے ہوا کو مائع میں تبدیل کرنے کا کوئی ایک طریقہ بیان کیجئے۔

13.11.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. جول تھامسن عددی(Coifficient) کے لیے مساوات اخذ کیجئے۔

2. اگر کاربن ڈائی آکسائیڈ روم کی تپش (35^0C) کو 175 کرہ ہوائی کے دباؤ پر اچانک پچکایا جائے اور پھر اچانک کرہ ہوائی کے دباؤ پر پھیلنے دیا جائے تو اس کی انتہائی تپش ہوگی۔

13.12 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th}& 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 14۔ ریفریجریشن

(Refrigeration)

اکائی کے اجزا

14.0 تمہید

14.1 مقاصد

14.2 حرناگزار ازالہ مقاطیسیت

14.3 ریفریجریشن

14.4 اوزان پرت پر کلوروفلوروکاربن کا اثر

14.5 سبز گھیرے کا اثر اور عالمی حدت

14.6 حل شدہ مثالیں

14.7 اکتسابی نتائج

14.8 کلیدی الفاظ

14.9 نمونہ امتحانی سوالات

14.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

14.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

14.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

14.9.4 غیر حل شدہ سوالات

14.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد

14.0 تمہید(Introduction)

مصنوعی ریفریجریشن کی تاریخ کا آغاز اس وقت ہوا جب سکاٹش پروفیسر ولیم کولن نے 1755 میں ایک چھوٹی ریفریجریشن مشین ڈیزائن کی۔ کولن نے ڈائیتھائل ایتھر کے ایک کنٹینر پر جزوی ویکیوم بنانے کے لیے ایک پمپ کا استعمال کیا، جو پھر ارد گرد کی ہوا سے گرمی جذب کر کے ابلتا ہے۔ اس تجربے نے تھوڑی مقدار میں برف بھی بنائی، لیکن اس وقت اس کا کوئی عملی اطلاق نہیں تھا۔

ریفریجریٹڈ ریل روڈ کاریں 1840 کی دہائی میں امریکہ میں ڈیری مصنوعات کی قلیل مدتی نقل و حمل کے لیے متعارف کرائی گئی تھیں، لیکن یہ ٹھنڈے درجہ حرارت کو برقرار رکھنے کے لیے کٹی ہوئی برف کا استعمال کرتی تھیں۔ 15 فروری 1882 کو، ڈنیڈن نے لندن کے لیے بحری سفر کیا جو تجارتی لحاظ سے پہلا کامیاب فریج شپنگ سفر تھا، اور ریفریجریٹڈ گوشت کی صنعت کی بنیاد رکھی۔

ریفریجریشن کسی جگہ، مادہ، یا نظام کو ٹھنڈا کرنے کی مختلف اقسام میں سے کوئی بھی ہے تاکہ اس کے درجہ حرارت کو محیطی درجہ حرارت سے کم اور/یا برقرار رکھا جائے (جب کہ ہٹائی گئی حرارت کو زیادہ درجہ حرارت والی جگہ پر نکالا جاتا ہے)۔ ریفریجریشن ایک مصنوعی، یا انسانی ساختہ، کولنگ کا طریقہ ہے۔

14.1 مقاصد(Objectives)

یہ اکائی میں اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ:

- حرنا گزار ازالہ مقاطیسیت کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔
- ریفریجریشنپر بحث کرینگے۔
- اوزان پرت پر کلورو فلورو کاربن کا اثر کا اظہار کریں کریں گے۔
- سبز گھیرے کا اثر اور عالمی حدت کے درمیان فرق کی تعریف کریں کریں گے۔

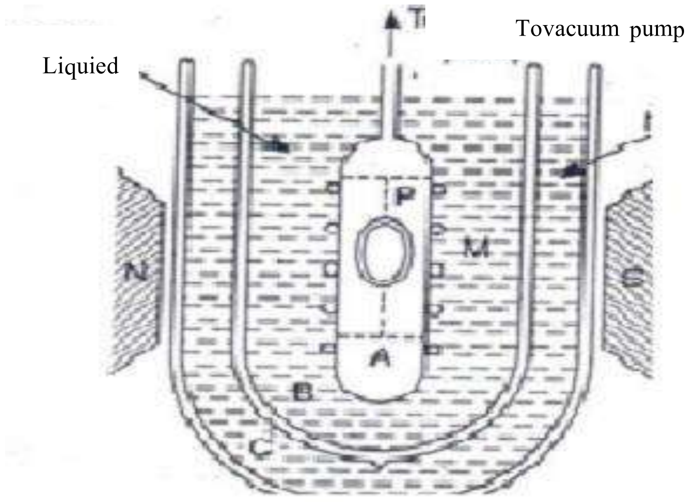
14.2 حرنا گزار ازالہ مقناطیسیت(Adiabatic Demagnetisation)

تپش مطلق حاصل کرنے کے لیے کم دباؤ پر البتیہوئی مائع ہائیڈروجن اور ہیلیم استعمال کی جاتی ہے۔ Kammerlingh Onnes نے 0.013 ملی میٹر پارے کے دباؤ پر عمل تبرید(Evaporation) کے ذریعہ 0.82k تپش حاصل کی۔ Kesam نے انتہائی طاقتور پمپ استعمال کرتے ہوئے مائع ہیلیم کی سطح پر 0.0036 ملی میٹر پارے کا دباؤ عائد کرتے ہوئے کمترین تپش 0.7k حاصل کی۔ 1926ء میں Debye اور Giauque نے آزادانہ طور پر اس سے بھی کم تپش حاصل کرنے کے لیے پیارا مقناطیسی نمک پر ایڈیا بیٹک ڈی میگناٹائزیشن کا طریقہ ڈھونڈ نکالا جس کا اصول حسب ذیل ہے۔

اصول(Principle): ایک پیارا مقناطیسی شئے میں مقناطیسی سالمات(Molecular Magnet) بے ترتیبی سے جمے رہتے ہیں۔ جب شئے کو مقنایا جاتا ہے تب سالامت اپنے آپ کی مقناطیسی میدان کی سمت میں صف بندی(Alignment) کرلیتے ہیں۔ اس عمل کے

دوران کچھ بیرونی کام انجام دیا جاتا ہے جو شئے کی اندرونی توانائی میں شامل ہو جاتا ہے جس کی وجہ سے شئے کی تپش میں اضافہ ہوتا ہے۔ جب ایک پیارا مقناطیسی شئے جو پہلے سے مقنائی ہوئی ہو اچانک ڈی میگناٹائز کی جاتی ہے اس سے اس کی تپش میں گراوٹ آتی ہے۔ اگر یہ شئے پہلے سے سرد ہو تو تپش میں گراوٹ قابل لحاظ ہوتی ہے۔

طریقہ(Method): آلہ کو شکل(14.1) میں دکھایا گیاہے۔ پیارا مقناطیسی شئے(Gadolinium Sulphate)ایک برتن(Vessel)A میں لٹکائی جاتی ہے جس کا تعلق خلائی پمپ سے ہوتا ہے۔ برتن 'A' Deewar کی صراحی B سے گھرا ہوتا ہے جس میں مائع ہیلیم 1k تپش پر موجود رہتی ہے اور اس کو ایک دور Deewar کی صراحی C سے گھیرا جاتا ہے جس میں مائع ہائیڈروجن موجود رہتی ہے۔ پیارا مقناطیسی شئے کو مقنانے کے لیے ایک طاقتور مقناطیسی میدان عائد کیا جاتا ہے۔ A کے اطراف ایک لچھا M موجود ہوتا ہے جو تاثیر پذیری کی پیائش کرتا ہے جس سے تپش کی پیائش کی جاتی ہے۔



شکل(14.1)

سب سے پہلے برتن A کو ہیلیم گیس سے بھرا جاتا ہے۔ تاکہ پیارا مقناطیسی شئے گیس حراری تماس میں آئے اور اس کی تپش ہیلیم کی تپش کے مساوی یعنی 1k ہو جائے۔ اس کے بعد ایک طاقتور مقناطیسی میدان عائد کیا جاتا ہے جس سے پیارا مقناطیسی نمک گرم ہو جاتا ہے لیکن یہ حرارت ہیلیم کے ذریعہ مائع ہیلیم کو منتقل ہو جاتی ہے جس سے پیارا مقناطیسی شئے کی تپش ایک بار پھر 1k ہو جاتی ہے اس کے بعد ہیلیم گیس کو پمپ کے ذریعہ برتن A سے باہر خارج کر دیا جاتا ہے تاکہ پیارا مقناطیسی شئے حراری طور پر حاجز ہو جائے۔ اس کے بعد مقناطیسی میدان ہٹالیا جاتا ہے۔ اس طرح ایڈیا بیٹک ڈی میگناٹائزیشن سے مقناطیسی شئے کی تپش میں گراوٹ آتی ہے۔

اس تپش میں گراوٹ کی پیائش تاثیر پذیری لچھے M سے کی جاتی ہے۔

اس طریقے سے Giauque اور Mc. Dougall نے 0.25k تک کمترین تپش حاصل کی۔ 1944 میں White de Hass اور K. Klerck نے پوٹاشیم اور المونیم کے دوہرے سلفیٹ کو استعمال کرتے ہوئے 0.022k تک تپش حاصل کی۔

Steeland اور Gorter نے کرومیم اور المونیم پھٹکری (Alum) استعمال کرتے ہوئے 0.0014k تک تپش حاصل کی جواب تک کی حاصل سب سے کمترین تپش ہے۔

نظریہ (Theory):

جب ایک پیارامقناطیسی شئے مقنائی جاتی ہے تو سالماتی مقناطیس مقناطیسی میدان کی سمت میں صف بندی کرتے ہیں اور کام انجام دیا جاتا ہے۔ فرض کیجئے مقناطیسی شئے کو ایک ایسے مقناطیسی میدان میں رکھا گیا جس کی مقناطیسی میدان کی حدت B ہے جس کی وجہ سے فی گرام مول مقناؤ کی حدت I میں تبدیلی dI ہو گی۔ اس طرح مقناطیسی شئے پر مقناطیسی میدان کا انجام دیا ہوا کام BdI ہو گا۔ جب شئے کو ڈی میگناٹائز کیا جاتا ہے تب شئے کا انجام دیا ہوا کام BdI ہو گا۔

تھرموڈائنامک کے پہلے کلیے کے مطابق:

$$dQ = dU + dW$$

$$(\therefore dW = PdV - BdI)$$

ڈی میگناٹائزیشن کے دوران حجم مستقل رہتا ہے اس لیے $dV = 0$

$$\therefore dQ = dU - Bdl$$

تھرموڈائنامک کے دوسرے کلیہ کے مطابق

$dQ = Tds$ جہاں ds انٹروپی میں تبدیلی ہے۔

$$Tds = dU - BdI \qquad \text{-------------}(14.1)$$

میکس ویل کے تیسرے تھرموڈائنامک رشتے کی مساوات کے مطابق

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P \text{-----------}(14.2)$$

اسی طرح کا ایک رشتہ حاصل کرنے کے لیے مساوات (14.2) میں P=-B اور V=1 درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial T}{\partial B}\right)_S = -\left(\frac{\partial I}{\partial S}\right)_B$$

R.H.S کو ∂T سے ضرب دینے اور تقسیم کرنے پر

$$\left(\frac{\partial T}{\partial B}\right)_S = \frac{\left(\frac{\partial I}{\partial T}\right)_B}{\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_B} \text{-----------}(14.3)$$

اگر شئے کی کمیت m اور C_B مستقل مقناطیسی میدان میں شئے کی حرارت نوعی ہو تب

$$\left(\frac{\partial S}{\partial B}\right)_B = \frac{I}{T}\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right) = \frac{mC_B}{T}$$

مساوات(14.3)میں اس قیمت کو درج کرنے پر

$$\left(\frac{\partial T}{\partial B}\right)_S = \frac{T}{mc_B}\left(\frac{\partial I}{\partial T}\right)_B$$

یا

$$\partial T = -\frac{T}{mc_B}\left(\frac{\partial I}{\partial T}\right)\partial B \text{---------}(14.4)$$

مساوات(14.4)ڈی میگناٹائزیشن کے عمل میں تپش میں گراوٹ کو ظاہر کرتی ہے۔

ایک شئے کی تاثیر پذیری x کی تعریف کی رو سے۔

تاثیر پذیری = مقناؤ کی حدت / مقناطیسی میدان کی حدت

$$x = \frac{I}{B} \text{--------}(14.5)$$

ایک پیارا مقناطیسی شئے کی تاثیر پذیری کا انحصار مقناطیسی میدان پر نہیں بلکہ تپش پر ہوتا ہے۔ Curie کے کلیہ کے مطابق x معکوس تناسب میں رہتا ہے تپش مطلق(T)کے۔

$$\chi a \frac{I}{T}$$ یا

$$\chi = \frac{C}{T} \text{---------}(14.6)$$

جہاں C ایک مستقل ہے۔

مساوات(14.5)اور(14.6)کا تقابل کرنے پر

یا $I/B = C/T$

$$I = \frac{CB}{T} \text{--------}(14.7)$$

مساوات(14.7)سے I کی قیمت مساوات(14.4)میں درج کرنے پر

$$\partial T = -\frac{T}{mc_B}\left(\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{C_B}{T}\right)\right)\partial B \text{--------}(14.8)$$

فرض کیجئے کہ T_i اور T_f شئے کی ابتدائی اور انتہائی تپش کو ظاہر کرتی ہیں اور ان کے متعلقہ مقناطیسی میدان کی حدت B_i اور B_f ہیں تب

$$T_f - T_i = \frac{T}{mc_B}\int_{B_i}^{B_f}\left[\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{C_B}{T}\right)\right]\partial B$$

حل کرنے پر

$$T_f - T_i = \frac{C}{2mc_{BT}}\left[{B_f}^2 - {B_i}^2\right]$$
$$= \frac{K}{2C_{BT}}\left[{B_f}^2 - {B_i}^2\right]$$

جہاں $K = \frac{C}{M}$ ایک مستقل ہے اور Curie کا مستقل فی اکائی کمیت کہلاتا ہے اگر مقناطیسی میدان ہٹالیا جائے۔تب $Bf = 0$ لہٰذا

$$T_f - T_i = \frac{KBi^2}{2C_{BT}} \quad \text{----------}(14.9)$$

منفی علامت یہ ظاہر کرتی ہے کہ ایڈیا بیٹک ڈی میگنا ئزیشن میں تپش میں کمی واقع ہوتی ہے۔

14.3 ریفریجریشن (Refrigeration)

ایک ایسا میشن جو ماحول سے کم تپش پیدا کرتا ہے اور اس ملفوف (Enclosure) کی کم تپش بر قرار رکھتا ہو ریفریجریٹر کہلاتا ہے۔ در حقیقت ریفریجریٹر ایک ایسا کارنوٹ انجن ہے جو معکوس سمت میں کام کرتا ہے۔اس صورت حال میں کام کی کچھ مقدار انجن پر کی جاتی ہے جس سے وہ حرارت کو ایک حاجز چیمبر سے ماحول کو منتقل کرتا ہے۔

ریفریجریٹر مشین دو طرح کے ہوتے ہیں:

1) بخارات کو پچکانے والی مشین (Vapour Compression Machine)

2) بخارات کو جذب کرنے والی مشین (Vapour Absorption Machine)

1) بخارات کو پچکانے والی مشین (فریج) (Vapour Compression Machine)

ایک فریج ایک ایڈیا بیٹک ملفوف کو کم تپش پر بر قرار رکھتا ہے اس کا کم تپش پیدا کرنے کا اصول یہ ہے کہ یہ کم دباؤ پر مائع کو بخارات میں تبدیل کر کے فوراًاس کی تبخیر (Evaporation) کرتا ہے اور تبخیر شدہ مائع کو ملفوف کے اطراف گشت کراتا ہے اس طرح مائع بخارات میں تبدیل ہو کر ٹھنڈک پیدا کرتا ہے۔اس کو ریفریجرنٹ (Refrigerant) کہتے ہیں۔عام طور پر بطور ریفریجیرنٹ استعمال ہونے والی اشیاء امونیا (NH_3)، سلفر ڈائی آکسائیڈ (SO_2)، میتھائیل کلورائیڈ (CH_3Cl)، فریون (Freon) (CCl_2F_2) وغیرہ ہیں۔ عام طور پر بڑے پلانٹ میں امونیا گھریلو ریفریجیریٹر میں سلفر ڈائی آکسائیڈ یا فریون استعمال کی جاتی ہے۔

ایک ریفرجرینٹ میں حسب ذیل خصوصیات ہونا ضروری ہیں۔

i. ایک ریفریجیرنٹ کا نقطہ جوش اور نقطہ انجماد کم ہونا چاہئے۔

ii. یہ نارمل دباؤ اور تپش پر بخارات کی شکل میں ہونا چاہئے۔

iii. یہ نہ جلنے والے اور نہ دھماکو خیز ہو اور نہ ذخیرہ شدہ غذائی اجناس میں برے اثرات پیدا کرتا ہو۔

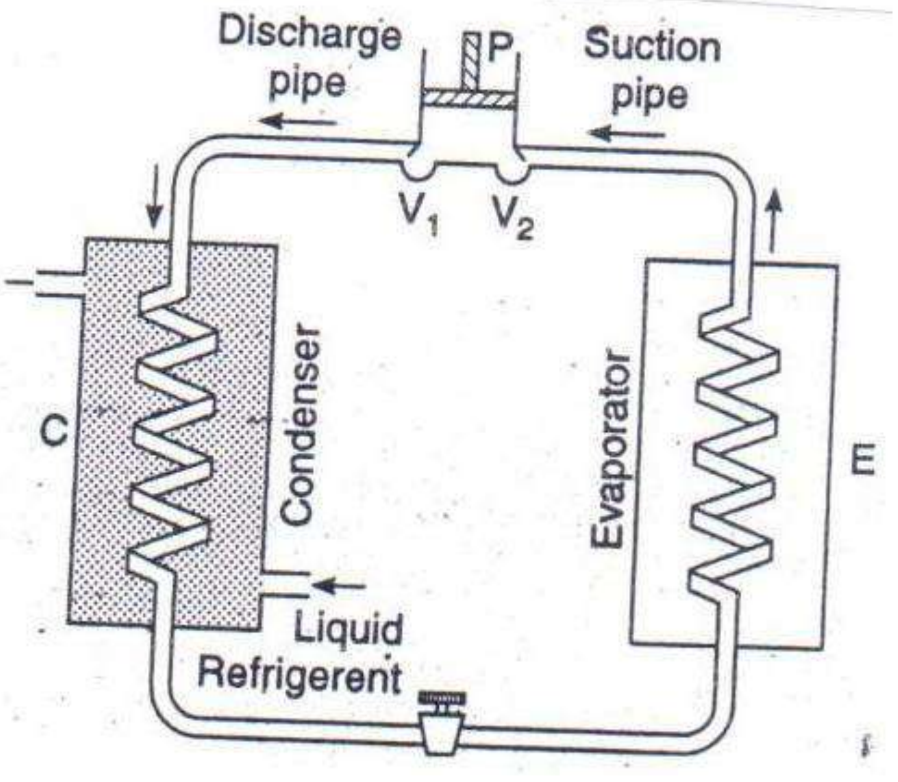
iv. ریفریجرنٹ مائعات کی بخارات کی حرارت مخفی بلند ہونی چاہیے کیونکہ اگر مائع کی تھوڑی بھی مقدار بخارات بنتی ہے تو حرارت کی کافی مقدار خارج ہوتی ہے اور اس سے زیادہ ٹھنڈک پیدا ہوتی ہے۔

v. ریفیجرنٹ کا حجم نوعی (حجم فی گرام) کم ہونا چاہئے تاکہ کمپریسر کی جسامت کم ہو۔

vi. بخارات کو مائع میں تبدیل کرنے مکثفہ (Condenser) کے لچھے میں درکار دباؤ کی قیمت کم ہونی چاہئے اور ورنہ ریفریجریٹر کافی مضبوط اور وزنی ہو جائے گا۔

ایک بخارات کو پچکانے والے ریفریجریٹر کو شکل (14.2) میں دکھایا گیا ہے۔ ریفریجریٹرنٹ کو ایک پمپ P سے پچکایا جاتا ہے۔ جس کو ایک برقی موٹر چلاتی ہے جو بطور کمپریسر کام کرتا ہے۔ کمپریسر P کے پیندے میں دو کھلمندن (Value) V_1 اور V_2 لگے ہوتے ہیں۔ V_2 تبخیر گر (Evaporator) E سے کم دباؤ پر بخارات کو چوستا (Suck) ہے اور کھلمندن V_1 پچکے ہوئے بخارات کو مکثفہ C میں بھیجتا ہے۔ جب پمپ کا پسٹن P اوپر حرکت کرتا ہے تب استوانے کے دباؤ میں اتنی گراوٹ آتی ہے کہ اس کا دباؤ تبخیر گر (E) کے دباؤ سے کم ہو جاتا ہے اور دوران کھلمندن V_2 کھل جاتا ہے اور V_1 بند ہو جاتا ہے اور کم دباؤ کے بخارات استوانے میں حاصل کر لیے جاتے ہیں۔

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

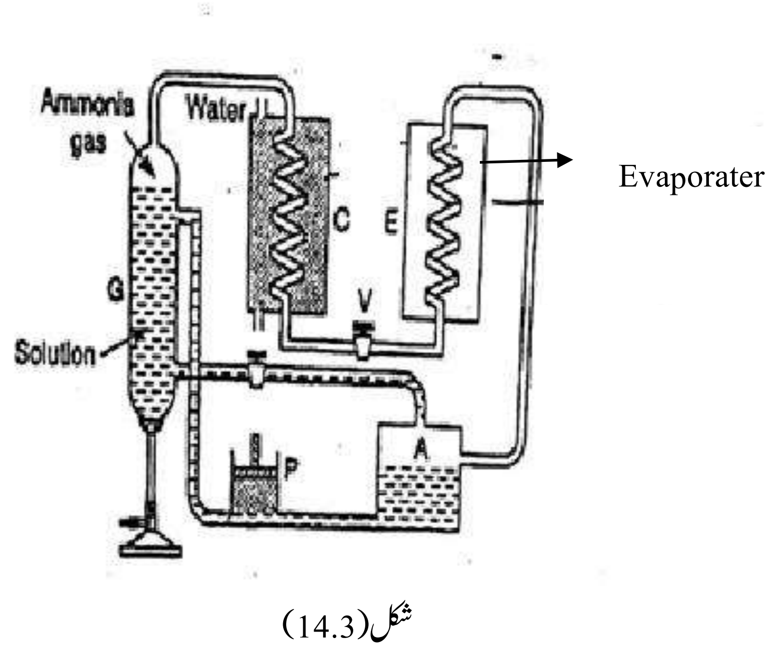


شکل (14.2)

جب پسٹن نیچے ڈھکیلا جاتا ہے تو V_1 کھل جاتا ہے اور V_2 بند ہو جاتا ہے اور بلند دباؤ کے تحت بخارات مکثفے کے لچھے C میں داخل ہوتے ہیں۔مکثفہ کا لچھا C اس ملفوف سے گھرا ہوتا ہے جس میں سرد پانی گشت کرتا ہے اس طرح پچکاؤ کی حرارت سرد پانی کے ذریعہ خارج کر دی جاتی ہے۔اس طرح بلند دباؤ اور کم تپش پر بخارات مکثفہ C میں مائع میں تبدیل ہو جاتے ہیں۔مائع ریفریجریٹر ایک ریگولیٹر والو (V(Value کے ذریعہ تبخیر گر لچھے E میں داخل ہوتا ہے۔ریگولیٹر Valve مائع کے بلند دباؤ (مکثفہ کے اندر) کو کم دباؤ (تبخیر گر کے اندر) میں تبدیل کر دیتا ہے اس کم دباؤ کی وجہ سے E میں موجود مائع بخارات میں تبدیل ہوتا ہے۔ہم جانتے ہیں کہ کم دباؤ کے تحت عمل تبخیر ٹھنڈک پیدا کرتا ہے جس کی وجہ سے یہ ہے کہ جب ایک شئے مائع سے بخارات میں تبدیل ہوتی ہے اس دوران حرارت کا انجذاب عمل میں آتا ہے اگر اس حرارت کو کسی بیرونی ذرائع سے حاصل نہیں کیا گیا تب ہیئت کی تبدیلی کے لیے درکار حرارت مائع خود حاصل کرتا ہے جس کی وجہ سے ٹھنڈک پیدا ہوتی ہے۔اگر دباؤ کو کم کرتے ہوئے مائع کی سطح پر عمل تبخیر کو جاری رکھا جائے تب مزید ٹھنڈک پیدا ہوتی ہے جب E میں مائع بخارات میں تبدیل ہوتا ہے۔تب یہ سرد ذخیرہ خانہ (Storage) یا اطراف کے مائع (پانی) سے بخارات کے حرارت مخفی کی نکاسی کرتا ہے اس طرح مزید مائع E میں بخارات میں تبدیل ہونے پر مزید زیادہ ٹھنڈک پیدا ہوتی ہے اور ذخیرہ خانے اور اطراف کے پانی کی تپش میں کمی واقع ہوتی ہے کچھ دیر بعد مطلوب سرد تپش حاصل ہو جاتی ہے اور اس عمل کو مسلسل جاری رکھا جاتا ہے۔

2) بخارات جذب کرنے والی مشین (Vapour Absorption Machine)

بخارات جاذب مشین کو شکل (14.3) میں دکھایا گیا ہے۔



شکل (14.3)

اس مشین میں کم دباؤ پر امونیا کے بخارات پانی میں جذب ہوتے ہیں شکل میں G ایک جنریٹر ہے جو پانی اور امونیا کے محلول سے بھرا ہوتا ہے اس کو ایک برنر (Burner) سے گرم کیا جاتا ہے اس سے امونیا گیس پانی سے فرار ہو کر مکثف C کے مرغولہ نلی میں داخل ہوتی ہے جہاں اس کی تکثیف عمل میں آتی ہے۔ مکثف C کو بہتے ہوئے پانی سے ٹھنڈا کیا جاتا ہے۔ یہ امونیا گیس تبخیر گر (Evaporator) E کی مرغولہ نما نلی میں داخل ہوتی ہے مرغولہ نما نلی میں دباؤ کم رہتا ہے۔ تبخیر گر ایک سرد چیمبر ہو سکتا ہے یا یہ بہتے ہوئے پانی سے گھرا ہوتا ہے۔ کم دباؤ کے تحت جب امونیا بخارات میں تبدیل ہوتی ہے بخارات کی حرارت مخفی سرد چیمبر یا بہتا ہوا پانی حاصل کر لیتا ہے اس طرح چیمبر E کو سرد کیا جاتا ہے۔ تبخیر شدہ امونیا اب چیمبر A میں داخل ہوتی ہے جہاں یہ پانی میں جذب ہو جاتی ہے۔ یہ محلول مرتکز (Concentrated) ہو جاتا ہے اور اسے پمپ P کے ذریعہ جنریٹر G میں پہونچا دیا جاتا ہے اس عمل کو کئی بار دہرایا جاتا ہے اس طرح چیمبر E سرد ترین ہو جاتا ہے۔

14.4 اوزون پرت پر کلورو فلورو کاربن اثر (Effect of Chlorofloro Carbon on Ozone Layer)

کائنات میں انسانی، نباتی اور حیوانی زندگی کے لیے رہائش کے لیے موزوں ترین اور محفوظ ترین مقام سیارہ زمین ہے۔ کیونکہ زمین کی اوسط تپش انسانی زندگی کے لیے ساز گار ہے۔ سورج سے آنے والی شعاعوں میں بعض شعاعیں مضر صحت ہیں جس سے حفاظت کا انتظام قدرت نے اوزون پرت سے کیا ہے۔ اوزون پرت زمین سے 20 تا 30 کیلو میٹر بلندی پر واقع ہے اور اس کا کام سورج سے آنے والی نقصان دہ الٹرا ائوائیلیٹ شعاعوں سے زمین کی حفاظت کرنا اور زمین کی تپش بر قرار رکھنا ہے۔ اوزون آکسیجن کے تین سالموں سے مل کر بنتی ہے اور اس کا فارمولہ O_3 ہے۔ کلورو فلورو کاربن Cl_2Fl_2C نامیاتی مرکبات ہیں اور ان کا زیادہ تر استعمال ریفریجریٹر اور ایر کنڈیشن اور جراثیم کش ادویات اور Foamed پلاسٹک تیار کرنے میں ہوتا ہے۔ یہ گیس جب آلات سے خارج ہوتی ہیں تو فضا میں بلند ہوتی ہیں اور کرۂ فضائی کے نچلے حصے میں کرہ قائمہ (Starrospher) میں الٹروائیلیٹ سے ٹکراتی ہیں۔ ان گیسوں میں موجود کلورین الٹروائیلیٹ سے تعامل کے بعد آزاد ہوتا ہے اور اوزون پرت سے ٹکرا کر O_3 کو O_2 یعنی اوزون کو آکسیجن میں تبدیل کر دیتا ہے اس سے اوزون کی پرت میں شگاف پڑتا ہے اور فضا میں اوزون پرت کا فیصد گھٹا دیتی ہے۔ جس سے سورج سے آنے والی مضرت رساں الٹروائیلیٹ جن کا طول موج $300A^0 - 2000A^0$ ہوتا ہے راست زمین پر پہونچتی ہیں۔ یہ شعاعیں زمین پر بسنے والے تمام جانداروں، انسانوں، حشرات الارض، پودوں وغیرہ کے لیے نقصان دہ ہیں۔ انسانوں میں یہ جلد کا کینسر، آنکھوں میں موتیا بند (Cataract) اور دھوپ جلن (Sunburn) پیدا کرتی ہیں۔

14.5 سبز گھیرے کا اثر اور عالمی حدت (Green House Effect and Global Warming)

سورج سے آنے والی روشنی کا بڑا حصہ فضا میں منعکس ہو جاتا اور باقی حصہ زمین پر پہونچتا ہے۔ سورج سے آنے والی اس حرارت کو زمین جذب کرتی ہے اور اس حرارت کا کچھ حصہ توانائی کی طویل موج (Infra Red) کی صورت میں اشعاع عمل میں آتا ہے۔ کرۂ ہوائی

میں موجود قدرتی گیسیں جو سبز گیسیں کہلاتی ہیں وہ ہیں پانی کے بخارات، کاربن ڈائی آکسائیڈ NO_2(نائٹرس آکسائیڈ) سلفر ڈائی آکسائیڈ SO_2 میتھین (CH_4) اوزون وغیرہ ان شعاعوں کو جذب کرتے ہیں اور کرہ ہوائی کو گرم رکھتے ہیں جس کی وجہ سے سطح زمین بھی رہائش کی حد تک گرم ہو جاتی ہے اور زمین کی تپش $15^0 C$ سے $30^0 C$ کے درمیان رہتی ہے۔ سبز گیسوں کی غیر موجودگی میں زمین کی تپش $-18^0 C$ ہوتی ہے۔ یہ ایک قدرتی عمل ہے۔

اس کے برعکس انسانی کارکردگی کی وجہ سے سبز گھیرے کی گیسوں کے ارتکاز میں اضافہ ہو رہا ہے جس میں قابل ذکر صنعتوں اور کارخانوں میں کوئلے کے استعمال کی وجہ سے کاربن ڈائی آکسائیڈ کا اخراج، پٹرولیم، گیسولین کا حد سے زیادہ استعمال، جنگلاتی انہدام (Deofrestation) زراعت میں جراثیم کش ادویہ کا چھڑکاؤ، زمینی کٹاو (Soil Erosion) وغیرہ سے لاکھوں ٹن کاربن ڈائی آکسائیڈ اور دوسری سبز گھیرے کی گیسوں کا اضافہ ہو رہا ہے جس کی وجہ سے ان گیسوں میں زیادہ حرارت جذب ہو کر زمین کی طرف منعکس ہوتی ہے جس سے زمین کی تپش میں اضافہ ہو رہا ہے۔ ایک محتاط اندازے کے مطابق زمین کی اوسط تپش میں $0.3^o C$ تا $0.6^0 C$ تک اضافہ ہوا ہے اگر یہی صورت حال برقرار رہی تو اس صدی کے وسط تک تپش میں مزید اضافہ $1^0 C$ سے $3^0 C$ تک اضافہ کا اندیشہ اسے عالمی حدت یا گلوبل وارمنگ کہتے ہیں۔ اگر سبز گھیرے کا اثر اسی طرح برقرار رہا تو مستقبل قریب میں اہل ارض کو بھیانک نتائج کا سامنا کرنا پڑے گا۔ عالمی حدت سے قطب شمالی اور قطب جنوبی کے برف کے تودوں کا پگھلنا اور اس سے سطح سمندر میں اضافہ اور سطح سمندر سے کم گہرے مقامات کا سمندر میں ڈوبنا، سمندری طوفان، بارش وسیلاب کی تباہ کاریاں، موسم میں تبدیلی بارش نہ ہونے سے قحط سالی، ریگستانوں میں اضافہ اور وبائی امراض پھوٹ پڑنا شامل ہے۔ اس لیے پوری دنیا میں عالمی حدت کو کم کرنے کی کوشش کی جارہی ہے۔

14.6 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

فرض کیجئے کہ T_i اور T_f شئے کی ابتدائی اور انتہائی تپش کو ظاہر کرتی ہیں اور ان کے متعلقہ مقناطیسی میدان کی حدت B_i اور B_f ہیں تب (Ti) اور فاضل تپش Tc میں رشتہ لکھیے۔

حل:

$$T_f - T_i = \frac{T}{mc_B}\int_{B_i}^{B_f}\left[\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{C_B}{T}\right)\right]\partial B$$

حل کرنے پر

$$T_f - T_i = \frac{C}{2mc_BT}\left[{B_f}^2 - {B_i}^2\right]$$

$$= \frac{K}{2C_BT}\left[{B_f}^2 - {B_i}^2\right]$$

جہاں $K = \frac{C}{M}$ ایک مستقل ہے اور Curie کا مستقل فی اکائی کمیت کہلاتا ہے اگر مقناطیسی میدان ہٹالیا جائے۔ تب $Bf = 0$ لہذا

$$T_f - T_i = \frac{KBi^2}{2C_BT}$$

14.7 اکتسابی نتائج(Learning Outcomes)

- وہ دباؤ اور تپش جس پر کوئی مائع، ٹھوس اور گیسی (بخارات) حالت میں بہ یک وقت ہم وجود ہو تہر انقطہ(Triple Point) کہلاتا ہے۔
- گیسوں کو مائع میں تبدیل کرکے اقل ترین تپش حاصل کی جاتی ہے اس عمل میں جول تھامسن پھیلاؤ کا اثر اور باز افزائش ٹھنڈک کا اصول استعمال کیا جاتا ہے۔
- ہوا $-180^0 C$ پر مائع میں تبدیل ہو جاتی ہے۔
- ہائیڈروجن میں $-250^0 C$ پر مائع میں تبدیل ہوتی ہے۔
- ہیلیم۔۔پر مائع میں تبدیل ہوتی ہے۔
- ایک کامل گیس کے لیے جول کیلون اثر صفر ہوتا ہے۔
- قدرتی سبز گھیرے کی گیسس ہیں، پانی کے بخارات، اوزون CO_2، میتھین نائٹرس آکسائیڈ کلورو فلورو کاربن۔

14.8 کلیدی الفاظ(Keywords)

- Liquefication(لیک + وی + فی + کیشن): کمترین تپش پر مائع کو گیس میں تبدیل کرنا۔
- Adiabatic Demagnetisation(ایڈ + یا + بیٹک + ڈی + میگنا + ٹا + ئزیشن): ایڈ بیٹک طریقے سے مقناطیسی شئے کی مقناطیسیت اچانک ختم کر دینا جس سے مقناطیسی شئے سرد ہو جاتی ہے۔
- Condenser(کن + ڈن + سر): ریفریجریٹر میں ایسا آلہ جس میں بھاپ کو ٹھنڈا کرکے دوبارہ پانی میں تبدیل کیا جاتا ہے۔
- Global Warming(گلو + بل + وار + منگ): سبز گھیرے کا اثر، جنگلاتی انہدام، پٹرولیم، ایندھن کا زیادہ استعمال وغیرہ سے زمین کی تپش میں اضافہ ہو رہا ہے۔ جسے عالمی حدت یا گلوبل وارمنگ کہتے ہیں۔

14.9 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

14.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. معکوس تپش(Ti)اور فاضل تپش Tc میں رشتہ لکھیے۔
2. جول تھامسن ٹھنڈک کی مساوات لکھیے۔

3. کلورو فلورو کاربن گیس کا اوزون کی پرت پر کیا اثر ہوتا ہے۔

4. ایک آئسو تھرمل۔ آئسو بارک عمل میں کون ساتھر موڈائنامک قوہ مستقل رہتا ہے۔

(a) گبس کا عمل (b) انتھالپی

(c) اندرونی توانائی (d) ہلمہوز تفاعل

5. ہائیڈروجن اور ہیلیم نارمل تپش پر کس اثر کا اظہار کرتے ہیں۔

(a) سرد اثر کا (b) گرم اثر کا

(c) کبھی سرد کبھی گرم (d) کسی اثر کا اظہار نہیں کرتے۔

6. ایک مقنائے ہوئے پیارامقناطیسی شئے کو اچانک ڈی میگناٹائز کیا جائے تو وہ۔

(a) حرارت جذب کرے گا (b) حرارت خارج کرے گا

(c) مائع میں تبدیل ہو گا (d) بخارات بن کر اڑ جائے گا۔

7. وہ گیس جو سب سے آخر میں مائع میں تبدیل کی گئی وہ ہے۔

(a) آکسیجن (b) ہائیڈروجن

(c) ہیلیم (d) نائیٹروجن

8. ایک پیارامقناطیسی شئے کی تاثیر پذیری(x) اور تپش مطلق (T) میں رشتہ ہے۔

χaT (a) $\chi a T^{-1} (b)$

$\chi a T^{2}\ (b)$ $\chi a T^{-2}\ (d)$

14.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. ایک ریفریجریٹر کے کام کرنے کے اصول کو مختصر بیان کیجئے۔

2. سبز گھیرے کے اثر سے کیا مراد ہے؟

3. عالمی حدت (گلوبل وارمنگ) کیا ہے؟ ان عوامل کو نشاندہی کیجئے جو اس کے ذمہ دار ہیں؟

14.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. جول۔ تھامسن اثر کیا ہے؟ جب ایک گیس جول۔ تھامسن اثر سے متاثر ہوتی ہے تو اس اثر سے پیدا ہونے والی ٹھنڈک کے لیے مساوات اخذ کیجئے۔

2. گیسوں کو مائع میں تبدیل کرنے کے لیے جول تھامسن اثر کو بیان کیجیے۔ ثابت کیجیے کہ کوئی بھی گیس جول تھامسن اثر سے صرف اسی وقت ٹھنڈی ہوتی ہے جب اس کی تپش معکوس تپش سے کم ہو۔ باز افزائش ٹھنڈک (Regenerative Cooling) کیا ہے؟

3. جول تھامسن ٹھنڈک اور ایڈیا بیٹک ٹھنڈک میں فرق واضح کیجیے۔ ہیلیم گیس کو مائع میں کس طرح تبدیل کیا جاتا ہے؟ واضح کیجیے۔

4. ہائیڈروجن کو مائع میں تبدیل کرنے کا طریقہ بیان کیجیے۔ اسے مائع میں تبدیل کرنے کا اصول بیان کیجیے۔

5. ایڈیا بیٹک ڈی میگناٹائزیشن کیا ہے؟ کم ترین تپش پیدا کرنے کے لیے اس اصول کو کس طرح بیان کیا جاتا ہے۔ بیان کیجیے۔

6. باز افزائش ٹھنڈک کیا ہے؟ اس طریقہ کو استعمال کرتے ہوئے ہوا کو مائع میں تبدیل کرنے کا کوئی ایک طریقہ بیان کیجیے۔

14.9.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. ایک پیرا مقناطیسی شئے کی تاثیر پذیری (x) اور تپش مطلق (T) میں رشتہ اخذ کیجیے۔

14.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5th& 6th)
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 15۔ سیاہ جسم کی اشعاع

(Black Body of Radiation)

اکائی کے اجزا

15.0 تمہید

15.1 مقاصد

15.2 سیاہ جسم (بلیک باڈی)

15.3 سیاہ جسم کی اشعاع کی توانائی کی تقسیم

15.4 حراری اشعاع کے کلیات

15.5 حل شدہ مثالیں

15.6 اکتسابی نتائج

15.7 کلیدی الفاظ

15.8 نمونہ امتحانی سوالات

15.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

15.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

15.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

15.8.4 غیر حل شدہ سوالات

15.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد

15.0 تمہید (Introduction)

ہم جانتے ہیں کہ حرارت کی منتقلی کے دو طریقوں کنڈکشن اور کنوکشن میں ایک مادی واسطے کی ضرورت ہوتی ہے۔ اس کے برعکس حرارت کی منتقلی کا ایک ایسا طریقہ جس میں کسی مادی واسطے کی ضرورت نہ ہو اشعاع حرارت کہلاتا ہے ہم جانتے ہیں کہ زمین اور سورج کے درمیانی خالی فضا ہے کوئی مادی واسطہ نہیں ہے اس کے باوجود سورج سے حرارت روشنی کی شکل میں زمین کو پہونچتی ہے۔ اس لیے کسی جسم سے اشعاع حرارت کا وہ طریقہ جو اس کی تپش کے باعث ہو اور اس میں واسطے کا کوئی دخل نہ ہو ریڈئیشن کہلاتا ہے۔ ریڈیئیشن میں حراری توانائی کی منتقلی برقی مقناطیسی موجوں کی ذریعہ عمل میں آتی ہے۔ کیونکہ یہ موجیں خلا بھی سفر کر سکتی ہیں۔ حراری اشعاع برقی مقناطیسی موجوں کے ایک مخصوص رینج پر مشتمل ہوتی ہے۔ ان موجوں کا طول $0.1 \times 10^{-6}m$ سے $100 \times 10^{-6}m$ پر مشتمل ہوتا ہے۔ اس طول موج کے طیف میں الٹراوائیلٹ کا طول موج $0.1 \times 10^{-6}m$ سے $0.40 \times 10^{-6}m$ اور مرئی (Visible) طول موج $0.4 \times 10^{-6}m$ سے $0.75 \times 10^{-6}m$ اور انفراریڈ $0.75 \times 10^{-6}m$ سے $100 \times 10^{-6}m$ شامل ہے۔ یہاں یہ بات قابل ذکر ہے کہ اشعاع ہر جسم کی ذاتی (Inherent) خاصیت ہے۔ کیونکہ Prevost کے نظریہ کے مطابق ہر جسم حرارت جذب کرتا ہے اور اس کا اشعاع بھی کرتا ہے جب کہ جسم کی تپش 0K سے زائد ہو۔ مزید یہ کہ دو اجسام کی باہمی تپش مساوی بھی ہو تو ان کے درمیان ریڈیئیشن کا تبادلہ عمل میں آتا ہے۔ ایک جسم سے تھرمل ریڈئیشن کا اخراج فی اکائی وقت فی اکائی سطحی رقبہ اس کی تپش اور سطح پر منحصر ہوتا ہے۔ کم تپش پر یہ اخراج کم ہوتا ہے جب کہ بلند تپش پر اشعاع کے اخراج میں تیزی سے اضافہ ہوتا ہے جو تپش مطلق کی چوتھی طاقت کے تناسب میں رہتا ہے۔

تھرمل ریڈئیشن کی خصوصیات حسب ذیل ہیں

i. یہ خلا یا ہوا میں نور کی رفتار سے حرکت کرتی ہیں۔

ii. یہ نور کی طرح خط مستقیم میں حرکت کرتی ہیں۔

iii. یہ انعکاس، انعطاف اور کلی داخلی انعکاس اور نور کے دوسرے کلیات کی پابندی کرتی ہیں۔

iv. یہ جس سطح پر واقع ہوتی ہیں اس پر ہلکا دباؤ عائد کرتی ہیں جسے حرارتی اشعاع کا دباؤ کہتے ہیں۔

v. یہ معکوس مربع کے کلیہ کی پابندی کرتی ہیں۔

ہم تھرمل ریڈیئیشن سے متعلق چند اہم خصوصیات کی تعریف کریں گے۔

1. طیفی کثافت توانائی (Spectral Energy Density): کسی خاص طول موج کے لیے طیفی کثافت توانائی سے مراد فی اکائی حجم فی اکائی طول موج کا ریخ ہے۔

2. مجموعی کثافت توانائی (Total Energy Density): کسی بھی نقطہ پر کسی تھرمل ریڈی ایشن کی مجموعی کثافت توانائی سے مراد مجموعی اشعاعی توانائی کا فی اکائی حجم ہے جس کا اشعاع تمام موجوں پر محیط ہوتا ہے۔

3. اخراجی طاقت (Emissive Power): ایک دی ہوئی تپش اور طول موج پر ایک جسم کی اخراجی طاقت سے مراد اشعاعی توانائی کا اخراج فی اکائی سکنڈ فی اکائی سطحی رقبہ فی اکائی طول موج رینج ہے۔

4. انجذابی طاقت (Absorptive power): ایک دی ہوئی تپش اور طول موج پر ایک جسم کی انجذابی طاقت سے مراد وہ نسبت ہے جو اشعاعی توانائی کے انجذاب فی اکائی سکنڈ فی اکائی سطح رقبہ اور اسی رقبہ پر واقع ہونے والی مجموعی توانائی کے درمیان پائی جاتی ہے۔

15.1 مقاصد (Objectives)

یہ اکائی میں اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ:

- سیاہ جسم (بلیک باڈی) کی تعریف کریں گے۔
- سیاہ جسم کی اشعاع کی توانائی کی تقسیم کی وضاحت کریں گے۔
- حراری اشعاع کے کلیات کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔

15.2 سیاہ جسم (Black Body)

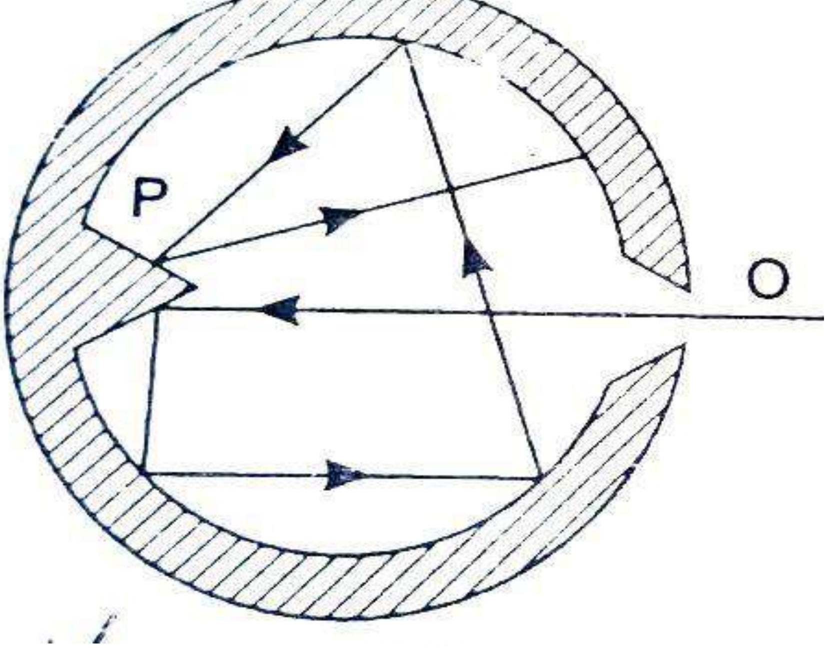
اشعاع حرارت کے ذریعہ ایک جسم حرارت کی کتنی مقدار جذب کر سکتا ہے یہ اس جسم کے رنگ پر منحصر ہوتا ہے۔ ایک کامل سیاہ جسم وہ ہے جو اس پر واقع ہونے والی تمام موج کے اشعاع کو جذب کرتا ہے۔ یہ نہ اشعاع کا انعکاس کرتا ہے اور نہ ترسیل (Transmit) کرتا ہے۔ یہ جسم سیاہ نظر آتا ہے چاہے اشعاع کا رنگ کچھ بھی ہو۔ کرچوف کے کلیہ کے مطابق ایک جسم جو اشعاع جذب کرنے کی صلاحیت رکھتا ہو وہ تمام طول موج کے اخراج کی بھی صلاحیت رکھتا ہے۔ اس طرح ایک کامل سیاہ جسم ایک بہترین جاذب (Absorber) اور ایک بہترین اشعاع گر (Radiator) ہوتا ہے۔ اگر اس کو ایک مناسب بلند تپش تک گرم کیا جائے تو اس سے تمام طول موجوں کا ریڈی ایشن عمل میں آتا ہے جسے مسلسل طیف کہتے ہیں۔ سیاہ جسم سے خارج کیا ہوا اشعاع ممکنہ اعظم طول موج سے بھرا ہوتا ہے اس لیے اس اشعاع کو مجموعی اشعاع بھی کہتے ہیں۔ ایک سیاہ جسم سے اخراجی طول موج کا انحصار صرف اس کی تپش پر ہوتا ہے اور جسم کے مادے کی نوعیت سے آزاد رہتا ہے۔

کوئی بھی جسم ایک کامل سیاہ جسم نہیں ہوتا۔ سیاہ جسم کی قریبی تعریف کا اطلاق کا جل (Lamp black) یا پلیٹینم کا جل (Platinum black) پر ہوتا ہے۔ یہ مرئی (Visible) اور قریبی انفرارڈ کو جذب کرنے کی صلاحیت رکھتے ہیں۔ لیکن بعید انفرایڈ (حراری اشعاع) کو منعکس کرتے ہیں۔ اس لیے کامل سیاہ جسم صرف ایک نظریہ ہے تمام عملی یہ مقاصد کے لیے کاجل سے لپی ہوئی سطح کو کامل سیاہ جسم تصور کیا جاتا ہے۔ کرچوف نے سب سے پہلے یہ نظریہ پیش کیا کہ ایک موصلی مانفوف (Enclosure) کو مستقل

تپش رکھا جائے تو ملفوف کے اندر کی اشعاع سیاہ ہوتی ہے۔ ہم یہاں فیری کے سیاہ جسم(Fery's Black Body) کے بارے میں پڑھیں گے۔

فیری کا سیاہ جسم(Fery's Black Body):

فیری کے سیاہ جسم کو شکل(15.1) میں دکھایا گیا ہے۔ یہ ایک گروی جسم پر مشتمل ہوتا ہے جس کی دیواریں دوہری ہوتی ہیں۔ دیواروں کے درمیان کی جگہ پر مشتمل ہوتی ہے تا کہ کنڈکشن اور کنوکشن کے ذریعہ نقصان حرارت کو روکا جاسکے۔



شکل(15.1):فیری کا سیاہ جسم

اس میں ایک چھوٹا شگاف O ہوتا ہے۔ اور سوراخ کے باہری سرے پر ایک مخروطی پروجکشن P ہوتا ہے۔ اس کے اندرونی حصہ میں کاجل لیپ دیا جاتا ہے اور بیرونی حصہ پر نکل(Nickle) کی پالش کی جاتی ہے۔ جب نور کی شعاعیں شگاف O پر واقع ہوتی ہیں تب اس کے ذریعہ اندرونی حصے میں داخل ہوتی ہیں اور اندرونی حصے میں کئی بار انعکاس کا عمل واقع ہوتا ہے اور یہ مکمل طور پر جذب ہو جاتی ہیں۔ ان شعاعوں کے باہر اخراج کا امکان بہت کم ہوتا ہے سوائے O کی مخالف کی سطح سے۔ اس اخراج کو روکنے کے لیے ایک مخروطی پر جکشن P کا استعمال کیا جاتا ہے جس سے اشعاع کے باہر اخراج کے امکانات ختم ہو جاتے ہیں۔ اس طرح جو بھی اشعاع اس سیاہ جسم میں داخل ہوتا ہے وہ اس سے باہر نکلنے نہیں پاتا اور مکمل طور پر اندر جذب ہو جاتا ہے اس طرح یہ جسم ایک کامل سیاہ جسم نظر آتا ہے۔ اور شگاف قریب ایک سیاہ جسم کے مانند برتاؤ کرتا ہے اگر اس جسم کو ایک معین تپش تک گرم کیا جائے تو یہ سیاہ اشعاع سے بھر جاتا ہے جس میں تمام طول موجود رہتے ہیں۔

انعکاسیت، انجذابیت اور ترسیلیت (Reflectane, Absorptance & Transmittance)

حراری اشعاع جب ایک جسم پر واقع ہوتی ہے تب یہ جزوی طور پر منعکس جزوی طور پر جذب اور جزوی طور پر ترسیل ہوتی ہیں۔

فرض کیجیے دیے ہوئے وقت میں ایک جسم پر واقع ہونے والی حراری اشعاع کی قیمت Q ہے اور اسی وقت t میں جسم میں جذب ہونے والی جسم سے منعکس ہونے والی اور ترسیل ہونے والی اشعاع کی قیمت بالترتیب Q_1, Q_2 اور Q_3 ہے۔ تب انعاکسیت Reflectance انجذابیت Absortance اور ترسیلیت Transmittance کی تعریف حسب ذیل طریقے سے کی جاتی ہے۔

$$\text{انعکاسیت} = r = Q_1/Q$$

$$\text{انجذابیت} = a = {}^{Q_2}/_{Q}$$

$$\text{ترسیلیت} = t = {}^{Q_3}/_{Q}$$

$$\therefore r + a + 1 = \frac{Q_1}{Q} + \frac{Q_2}{Q} + \frac{Q_3}{Q} = \frac{Q}{Q} = 1$$

$$r + a + t = 1 \qquad \text{------}(15.1)$$

a. انعکاسیت (Reflectance): وہ نسبت جو ایک جسم کی منعکس کردہ حراری اشعاع اور جسم پر واقع ہونے والی اشعاع کے درمیا پائی جاتی ہے انعکاسیت کہلاتی ہے اس کو 'r' سے ظاہر کرتے ہیں۔

b. انجذابیت (Absorptance): وہ نسبت جو ایک جسم کی جذب کردہ حراری اشعاع اور جسم پر واقع ہونے والی اشعاع کے درمیان پائی جاتی ہے۔ انجذابیت کہلاتی ہے اس کو 'a' سے ظاہر کرتے ہیں۔

c. ترسیلیت (Transmittance): وہ نسبت جو ایک جسم کی ترسیل کردہ حراری اشعاع اور جسم پر واقع ہونے والی اشعاع کے درمیان پائی جاتی ہے۔ ترسیلیت کہلاتی ہے اس کو 't' سے ظاہر کرتے ہیں۔

ایک جسم کی انعکاسیت، انجذابیت اور ترسیلیت مختلف طول موج کی اشعاع کے لیے مختلف ہوتی ہے اس لیے طول موج کی صورت میں مساوات ہوگی۔

$$r\lambda + a\lambda + t\lambda = 1$$

15.3 سیاہ جسم کی اشعاع کی توانائی کی تقسیم (Energy Distribution in Black Body)

ہم پڑھ چکے ہیں کہ ایک سیاہ جسم سے تمام ممکنہ طول موج کا ریڈیئیشن عمل میں آتا ہے۔ سائنس دانوں کے لیے یہ ایک مسئلہ رہا کہ مختلف طول موجوں میں توانائی کی تقسیم کس طرح ہوتی ہے۔ سب سے پہلے اسٹیفن (Stefan) نے چوتھی قوت کا کلیہ پیش کیا۔ اسٹیفن کے چوتھی قوت کے کلیہ کے مطابق ای جسم سے تمام طول موجوں کی وجہ سے مجموعی اشعاعی توانائی فی اکائی سکنڈ فی اکائی رقبہ راست تناسب میں رہتی ہے۔

تپش مطلق کے چوتھی قوت کے یعنی

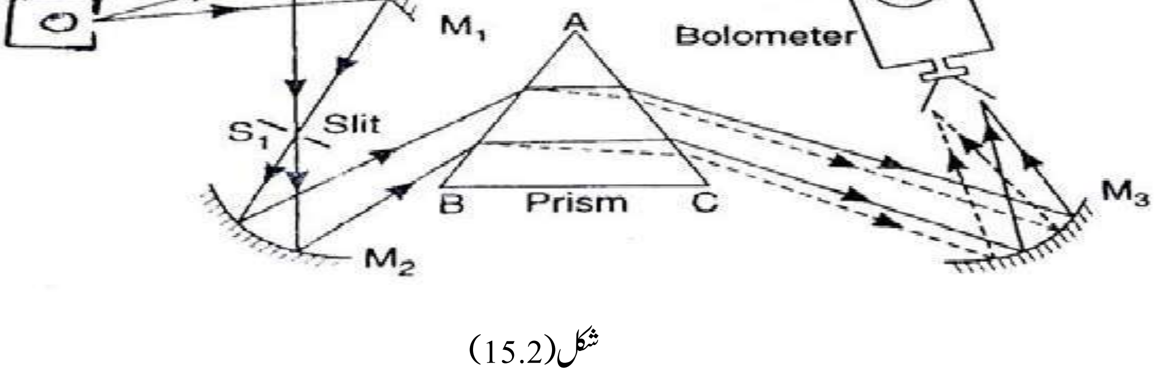
$$EaT^4$$

$$E = \sigma T^4$$

جہاں اسٹیفن کا مستقل= $5.67 \times 10^{-8}\, w/m^2/k^4 = \sigma$

ایک سیاہ جسم سے مختلف طول موج اور مختلف تپش پر اشعاعی توانائی کی تقسیم کو 1899ء میں Lummer اور Pringshiem نے ایک تجربے کے ذریعے پیش کیا۔

انہوں نے برقی طور پر گرم کیے چیمبر جس کا شگاف(Aperture) تنگ تھا بطور سیاہ جسم استعمال کیا چیمبر کی تپش معلوم کرنے کے لیے ہوں نے حرارت جفت(Tehrmocouple) کا استعمال کیا۔ اس تجربے کی تربیت کو شکل(15.2) میں دکھایا گیا ہے۔ سیاہ جسم 'O' سے ریڈییئشن کو ایک مقعر آئینے M_1 کے ذریعے ایک جھری S(Slit) پر فوکس کیا گیا۔ اس جھری کو ایک دوسرے مقعر آئینے M_2 کے فوکس پر رکھا جاتا ہے تا کہ M_2 سے انعکاس کے بعد شعاع متوازی ہو جائے۔ اس متوازی شعاع کو ایک Flurospar منشور ABC پر واقع کیا جاتا ہے۔ یہاں پر شیشے کا منشور استعمال نہیں جاتا کیونکہ وہ حراری اشعاع کو جذب کرتا ہے۔ یہ منشور اشعاع کا طیف پیدا کرتا ہے یعنی مختلف طول موج کا مختلف سمتوں میں انحراف عمل میں آتا ہے اس طرح خارجی منتشر اشعاع کو ایک تیسرے مقعر آئینہ M_3 پر واقع کیا جاتا ہے۔ یہ آئینہ مختلف طول موجوں کو مختلف زاویوں پر فوکس کرتا ہے۔ ان اشعاع کی کھوج(Detection)، اشعاع پیما(Bolometer) کے ذریعہ کی جاتی ہے۔ بولو میٹر میں ایک دو پیما ترتیب دیا جاتا ہے۔ بول و میٹر انصرافی اشعاع کی حدت E_λ کو ظاہر کرتا ہے۔ اس کی تعریف اس طرح کی جاتی ہے کہ مقدار طول موج $E_\lambda\, d_\lambda$ اور d_λ $\lambda,$ کے درمیان پائی جانے والی اشعاع کو توانائی کو ظاہر کرتی ہے۔ جس کا اخراج سیاہ جسم سے فی اکائی سکنڈ فی اکائی رقبہ ہوتا ہے۔ طیف کے مختلف حصوں پر واقع طول موج کی پیمائش منشور کے انتشار نور کے ضابطہ سے کی جاتی ہے۔ طول موج کی اعظم قیمت(Maxima) کو حاصل کرنے کے لیے M_3 کو ایک عمودی محور پر لٹکایا جاتا ہے اور بولو میٹر کے ذریعے مختلف طول موجوں کا(Maxima) حاصل کیا جاتا ہے۔



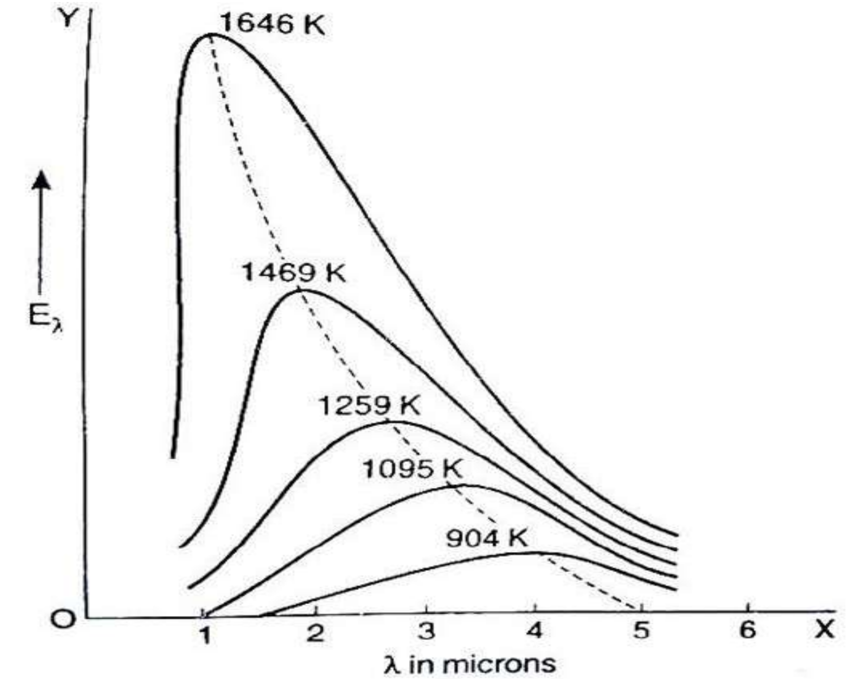
شکل(15.2)

اس تجربے کو ایک ہی طول موج کے لیے مختلف تپشوں پر دہرایا گیا ہے اور مختلف تپشوں پر طول موج λ اور اشعاعی توانائی E_λ کے درمیان ایک ترسیم کھینچی گئی اور حاصل شدہ ترسیم کو شکل (15.3) میں دکھایا گیا۔

ترسیم سے حاصل ہونے والی تجرباتی حقائق حسب ذیل ہیں۔

a. ایک سیاہ جسم سے اشعاع کا اخراج کسی بھی تپش پر تمام طول موج کا مرکب ہوتا ہے۔

b. دی ہوئی تپش پر توانائی تقسیم ہموار یکساں نہیں ہوتی۔ سیاہ جسم کی تپش میں اضافہ سے ہر ایک طول موج کی حدت میں اضافہ ہوتا ہے اس سے ظاہر ہے کہ تپش میں اضافے سے توانائی کی مجموعی مقدار کے اخراج میں فی اکائی سکنڈ فی اکائی رقبہ اضافہ ہوتا ہے۔



شکل (15.3)

c. کسی بھی محور پر مجموعی توانائی کا اشعاع مساوی ہوتا ہے متعلقہ تپش کی منحنی اور x محور کے درمیان کے رقبے کے۔ رقبہ میں اضافہ اسٹیفن کے کلیہ سے مطابقت رکھتا ہے۔

$$E = \int_0^\infty Exd_\lambda = \sigma T^4$$

d. کم طول موج اور بہت زیادہ طول پر اشعاعی توانائی کے اخراج کی مقدار بھی کم ہوتی ہے۔ایک خاص تپش پر طیفی اشعاع پر E_λ کی قیمت اعظیم ترین ہوتی ہے اور متعلقہ اعظم ترین طول موج λ_m ہوتا ہے ۔ زیادہ تر توانائی کا اخراج اسی طول موج λ_m کے آس پاس کے طول موج پر ہوتا ہے۔

e. اعظم ترین توانائی کا متعلقہ طول موج جس کو منحنی کی چھوٹی پر دکھایا گیا ہے۔تپشوں میں اضافہ سے اس کا ہٹاو(Shift)کم طول موج کی طرف ہو جاتا ہے۔اس کو ویل کا نقل مکانی(ڈسپلسمنٹ)کا کلیہ کہتے ہیں اس کلیہ کے مطابق

$$\lambda_m \times T = \text{ایک}$$

اس سے ظاہر ہے کہ تپش میں اضافے سے ایک سیاہ جسم سے کم طول موج کے ریڈیئیشن کا اخراج عمل میں آتا ہے اور تپش مطلق T اور اعظم طول موج λ_m کا حاصل مستقل رہتا ہے۔

15.4 حراری اشعاع کے کلیات(Laws of Thermal Radiations)

---

1. کرچوف کا کلیہ(Kirchoff's Law)

اس کلیہ کے مطابق "دی ہوئی تپش پر اخراجی طاقت اور انجذابی طاقت کے درمیان نسبت دیے ہوئے طول موج پر ہر جسم کے لیے مساوی ہوتی ہے اور یہ مساوی ہوتی ہے اسی تپش پر ایک سیاہ جسم کے اخراجی طاقت کے۔

فرض کیجئے کہ ایک جسم ایک ہموار تپش پر ایک لفاف(Enclosure)کے ساتھ حراری توازن میں ہے۔فرض کیجئے کہ طول موج E_λ اور $\lambda + d\lambda$ طول موج کے درمیان توانائی dQ_λ حرف تپش پر منحصر ہوتی ہے جو جسم کے اکائی رقبہ پر فی سکنڈ واقع ہوتی ہے تب

جسم کی خارج کردہ توانائی= جسم کی جذب کردہ توانائی

$$a_\lambda dQ_\lambda = e_\lambda d_\lambda$$

جہاں a_λ جسم کی انجذابی طاقت اور e_λ اخراجی طاقت ہے تب

$$\frac{e_\lambda dQ_\lambda}{a_\lambda d_\lambda} = \text{ایک مستقل}$$

اسے کرچوف کا کلیہ کہتے ہیں۔

2. اسٹیفن اور بولٹزمن کا کلیہ(Stefon's Boltzmanns Law)

اس کلیہ کے مطابق ایک سیاہ جسم سے فی سکنڈ فی اکائی رقبہ اشعاعی توانائی کا اخراجی راست تناسب میں رہتا ہے تپش مطلق کی چوتھی قوت کے یعنی

$$EaT^4$$

یا $E = \sigma T^4$

جہاں σ = اسٹیفن کا مستقل $5.67 \times 10^{-8} Wm^{-2}k^{-4}$

یہ کلیہ اسی وقت کار آمد ہے جب کہ سیاہ جسم کے اطراف کا واسطہ خلا ہو۔

فرض کیجئے ایک سیاہ جسم B_1 جس کی تپش مطلق T_1 ہے اور دوسرے سیاہ جسم B_2 سے گھرا ہے جس کی تپش مطلق T_1 ہے تب

سیاہ جسم B_1 کا نقصان حرارت $= \sigma {T_1}^4$

سیاہ جسم B_2 کی جذب کردہ حرارت $= \sigma {T_2}^4$

سیاہ جسم سے B_1 سے اصل (net) حرارت کی مقدار کا اخراج

$$\frac{dQ}{dt} = \sigma\left({T_1}^4 - {T_2}^4\right)$$

یہ اسٹیفن اور بولٹز من کا کلیہ ہے۔

3. وین کا نقل مکانی (ڈسپلیسمنٹ) کلیہ (Wien's Displacement Law)

1896ء میں مختلف طول موجوں پر توانائی کی تقسیم کے مطالعہ کے دوران وین نے ثابت کیا کہ جسم کی تپش میں اضافے سے اعظم ترین توانائی کا نقطہ کم طول موج کی جانب ہٹ جاتا ہے اس نے ثابت کیا کہ

$$\lambda_m T = b = \text{ایک مستقل}$$

جہاں λ_m سیاہ جسم سے اعظم ترین توانائی کا طول موج ہے۔ اس نے ثابت کیا کہ ایک سیاہ جسم سے اعظم ترین توانائی کا اخراج راست تناسب میں رہتا ہے تپش مطلق کی پانچویں طاقت کے یعنی

$$(E_\lambda)_{max} a T^5$$

$$\frac{(E_\lambda)max}{T^5} = \text{مستقل}$$

4. ریلے۔جینز کا کلیہ (Rayliegh – Jean's Law)

ریلے جینز کے کلیہ کے مطابق حراری طیف میں توانائی کی تقسیم ذیل کی مساوات سے دی جاتی ہے۔

$$E_\lambda = \frac{8\Pi KT}{\lambda^4}$$

جہاں K= بولٹز من کا مستقل

5. پلانک کا کلیہ (Plank's Law)

قدرتی (Quantum) نظریہ کی بنیاد پر پلانک نے حراری طیف میں توانائی کی تقسیم کا کلیہ اخذ کیا جو حسب ذیل ہے۔

$$E_\lambda = \frac{8\Pi hc}{\lambda^5(e^{hc/\lambda KT}-1)}$$

جہاںh پلانک کا مستقلC نور کی رفتار اورk بولٹز من کا مستقل ہے۔

یہ بات ذہن نشین رکھنی چاہئے کہ وین کا کلیہ کم طول موج اور ریلے جینز کا کلیہ طویل طول موج پر کررگر دہے جب کہ پلانک کا کلیہ ہر دو طول موج کے لیے کار آمد ہے۔

15.5 حل شدہ مثالیں(Solved Examples)

حل شدہ مثال1

اگر$\lambda m = 4900\dot{A}$اور وین مستقل$0.292cmk$ہو تو سورج کی تپش محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ $T =?\ \lambda_m = 4900\dot{A} = 4900 \times 10^{-8}cm$

$$b = 0.292\ cm\ k$$

وین کے نقل مکانی کلیہ کے مطابق

$$\lambda_m T = b$$

$$T = \frac{b}{\lambda_m} = \frac{0.292}{4900\times10^{-8}}$$

$$T = \frac{0.292\times10^8}{4900} = 5963k$$

سورج کی تپش5963k ہے۔

حل شدہ مثال2

اگر وین کا مستقل $b = 3x^{-10}mk$ ہو اور سرخ رنگ کا اعظم طول موج$7500A^0$اور نیلگوں رنگ کا اعظم طول $4800A^0$ہو تو وہ تپش معلوم کیجئے جس پر ایک جسم سرخ اور ایک جسم نیلگوں نظر آئے گا۔

حل:

$$\lambda_m T = b$$

دیا گیا ہے کہ

$$\lambda_{m_{Red}} = 7500A^0$$

$$b = 3 \times 10^{-3}mk$$

$$T_{Red} =?$$

$$T_{Red} = \frac{b}{\lambda_{mRed}} = \frac{3\times10^{-3}}{7500\times10^{-10}}$$

$$T_{Red} = 4000k$$

اسی طرح
$$T_{blue} = \frac{b}{\lambda_{mRed}}$$
$$T_{blue} = \frac{3\times10-3}{4800\times10^{-10}} = 6250k$$
$$T_{blue} = 6250K$$

حل شدہ مثال 3

ایک کرہ کا نصف قطر 50m ہے اور تپش 3000k ہے اور اخراجیت 0.3 ہے تب کرہ سے اخراج کی شرح معلوم کیجئے۔ اسٹیفن کا مستقل $\sigma = 5.7 \times 10^{-8} wm^{-2}k^{-4}$

حل: ایک جسم سے مجموعی توانائی کا اخراج فی سکنڈ
$$E = e\sigma T^4 A$$
دیا گیا ہے کہ کرہ کا سطح رقبہ $= 4\Pi r^2, e = 0.3, r = 5cm = 0.05m$
$$= 4 \times \frac{22}{7} \times (0.05)^2$$
$$T = 3000k\ E = ?$$
$$E = e\sigma T^4 A$$
$$= 0.3 \times 5.7 \times 10^{-8} \times 4 \times \frac{22}{7}(0.05)^2 \times (3000)^4$$
$$E = 43280J$$
اشعاع کی شرح $= 43280\ Watt$

15.6 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

وہ تمام اجسام جن کی تپش فر مطلق سے زائد ہو ان سے حرارت کا اشعاع عمل میں آتا ہے۔

- ٹھوس اشیاء میں حرارت کی منتقلی کنڈکشن کے ذریعہ ہوتی ہے۔
- خلا میں بغیر کسی واسطے کے حرارت کی منتقلی ریڈیئیشن کے ذریعے ہوتی ہے۔
- سورج کی روشنی زمین کو ریڈیئیشن کے ذریعہ پہونچتی ہے۔
- سورج سے حاصل ہونے والے ریڈیئیشن میں تمام طول موج ہوتے ہیں۔ یعنی انفرا ریڈ "VIBGYOR" اور الٹراوائیلیٹ شامل ہیں۔
- جب نور کی شعاع کسی شئے پر واقع ہوتی ہے تب اس کا کچھ حصہ منعکس ہو جاتا ہے کچھ حصہ جذب ہو جاتا ہے اور کچھ حصہ ترسیل (Transmit) ہو جاتا ہے۔

- ایک ایسا جسم جو اس پر واقع ہونے والے تمام اشعاع کو جذب کرے، نہ کچھ انعکاس کرے اور نہ ترسیل، ایک کامل سیاہ جسم کہلاتا ہے۔
- ایک عام جس کے لیے $a + r + t = 1$ جب کہ کامل سیاہ جسم کے لیے $a = 1, t = 1, r = 0$
- سورج ایک کامل سیاہ جسم ہے۔
- ایک سیاہ جسم ایک بہترین جاذب اور بہترین اشعاع گر ہوتا ہے۔
- کوئی بھی جسم کامل سیاہ جسم نہیں ہوتا۔

15.7 کلیدی الفاظ (Keywords)

- (تھر+مو+کپل) Thermocouple: دو مختلف دھاتوں پر مشتمل ایک بند دور جس میں دو جنکشن ہوتے ہیں ایک جنکشن کو گرم رکھا جاتا ہے جب کہ دوسرے کو ٹھنڈا رکھا جاتا ہے جس سے اس دور سے برقی رو گزرتی ہے جس کی پیمائش روپیا کے ذریعہ کی جاتی ہے اسے حراری جفت کہتے ہیں۔
- (او+ور+ٹون) Overtone: اعلیٰ تعدد یا بنیادی تعدد کا جز ضربی۔

15.8 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

15.8.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. انجذابی طاقت اور اخراجی طاقت کی تعریف کیجیے۔
2. کامل سیاہ جسم سے کیا مراد ہے؟
3. کرچوف کے کلیہ کو بیان کیجیے۔
4. اسٹیفن۔بولٹزمن کے کلیہ کو بیان کیجیے۔
5. 5کامل سیاہ جسم کی کوئی دو مثالیں دیجیے۔
6. "بہترین جاذب بہترین خارج گر (Emitter) ہیں" یہ بیان کہلاتا ہے۔

   (a) Prevost کا کلیہ　　(b) کرچوف کا کلیہ

   (c) اسٹیفن کا کلیہ　　(d) وین کا کلیہ
7. ایک کامل سیاہ جسم کی انجذابی طاقت ہوتی ہے۔

   (a) 2　　(b) 0.5

   (c) 1　　(d) ∞

8. ایک غیر موصل آئیسو تھرمل انکلوژر کے لیے اسکے اندر ریڈیئیشن کی مقدار کا انحصار انکلوژر کی

(a) تپش پر ہوتا ہے (b) دیواروں کی نوعیت پر ہوتا ہے

(c) مادے کی نوعیت پر ہوتا ہے (d) سب پر ہوتا ہے

9. سیاہ جسم کے طیف میں توانائی کی تقسیم کی وضاحت کس کلیہ کے ذریعہ بہتر انداز میں کی جاتی ہے؟

(a) پلاک کا کلیہ (b) دین کا کلیہ

(c) اسٹیفن کا کلیہ (d) کرچوف کا کلیہ

10. تپش 6000k کی پیائش کے لیے کون سا آلہ استعمال کیا جاتا ہے۔

(a) بولو میٹر (b) ہیلیم گیس تھرمامیٹر

(c) پائیرو میٹر (d) پلیٹینم مزاحمت تھرمامیٹر

11. ایک کامل سیاہ جسم کے لیے $a + r + t = 1$ تب

(a) $t = 0.25, r = 0.5$ $a = 0.5$ (b) $t = 0.5, r = 0.5, a = 0$

(c) $t = 0$ $r = 0$ $a = 1$ (d) $r = 0, t = 1, a = 0$

12. سرخ شیشے کو اتنا گرم کیا جائے کہ وہ سرخ ہو جائے تب یہ کیسا نظر آئے گا۔

(a) سبز (b) سفید

(c) سفید (d) Invisible

15.8.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. حراری اشعاع کیا ہے؟ اس کی چند خصوصیات بیان کیجئے۔
2. Ferry کے سیاہ جسم کو بیان کیجئے۔
3. بلیک باڈی کیا ہے؟ بلیک باڈی کے ریڈیئیشن میں توانائی کی تقسیم کو بیان کیجئے۔
4. ایک جسم سے ریڈیئیشن اور تپش کو جوڑنے والے کلیات بیان کیجئے۔

15.8.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. ایک سیاہ جسم کے اہم خدوخال بیان کیجئے۔ وین کے نقل مکانی کلیہ کو بیان کیجئے اور اخذ کیجئے۔
2. ایک سیاہ جسم سے اشعاع کی توانائی کی تقسیم کے لیے پلانک کا کلیہ اخذ کیجئے۔

15.8.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. وہ تپش معلوم کیجئے جس پر ایک سیاہ جسم کی نقصان توانائی کی شرح $1w/cm^2$ ہے۔
دیا گیا ہے کہ $\sigma = 5.6 \times 10^{-8}\, w/m^2k^4$ (جواب:650k)

2. ایک لوہے کی بھٹی سے فی گھنٹہ 1.53×10^6 کیلوری کا اشعاع ایک شگاف کے ذریعہ عمل میں آتا ہے۔ جس کا تراش عمودی کا رقبہ $10^{-4}m^2$ ہے۔ اگر بھٹی کی اضافی اخراجیت (e) کی قیمت 0.8 ہے تو بھٹی کی تپش محسوب کیجئے دیا گیا ہے کہ
$\sigma = 5.6 \times 10^{-8}mks$ (جواب:2500k)

15.9 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

---

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5th & 6th)
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 16۔ حراری اشعاع کے کلیات

(Laws of Thermal Radiations)

اکائی کے اجزا

16.0 تمہید

16.1 مقاصد

16.2 حراری اشعاع کے کلیات

16.3 دین کا نقل مکانی کلیہ

16.4 حل شدہ مثالیں

16.5 اکتسابی نتائج

16.6 کلیدی الفاظ

16.7 نمونہ امتحانی سوالات

16.7.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

16.7.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

16.7.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

16.7.4 غیر حل شدہ سوالات

16.8 تجویز کردہ اکتسابی مواد

16.0 تمہید(Introduction)

تھرمل تابکاری برقی مقناطیسی تابکاری ہے جو مادے میں ذرات کی حرارتی حرکت سے پیدا ہوتی ہے۔ حرارتی تابکاری تب پیدا ہوتی ہے جب مادے میں چارجز کی حرکت سے حرارت (معاملے کی عام شکلوں میں الیکٹران اور پروٹون) برقی مقناطیسی تابکاری میں تبدیل ہوتی ہے۔ مطلق صفر سے زیادہ درجہ حرارت کے ساتھ تمام مادے تھرمل تابکاری خارج کرتے ہیں۔ کمرے کے درجہ حرارت پر، زیادہ تر اخراج انفراریڈ (IR) سپیکٹرم میں ہوتا ہے۔ جانوروں کے ذریعے خارج ہونے والی انفراریڈ شعاعیں (ایک اورکت کیمرے سے قابل شناخت) اور کائناتی مائکروویو پس منظر کی تابکاری تھرمل تابکاری کی مثالیں ہیں۔ اگر کوئی تابکاری آبجیکٹ تھرموڈینامک توازن میں سیاہ جسم کی جسمانی خصوصیات کو پورا کرتی ہے، تو تابکاری کو بلیک باڈی ریڈی ایشن کہا جاتا ہے۔ پلانک کا قانون بلیک باڈی ریڈی ایشن کے سپیکٹرم کی وضاحت کرتا ہے، جو کہ صرف چیز کے درجہ حرارت پر منحصر ہے۔ وین کے نقل مکانی کا قانون خارج ہونے والی تابکاری کی ممکنہ تعدد کا تعین کرتا ہے، اور اسٹیفن بولٹز مین قانون تابناک شدت دیتا ہے۔

تھرمل ریڈی ایشن تمام مادے سے برقی مقناطیسی موجیں کا اخراج ہے جس کا درجہ حرارت مطلق صفر سے زیادہ ہوتا ہے۔ تھرمل تابکاری تھرمل توانائی کے برقی مقناطیسی توانائی میں تبدیل ہونے کی عکاسی کرتی ہے۔ حرارتی توانائی مادے میں ایٹموں اور مالیکیولوں کی بے ترتیب حرکت کی حرکی توانائی ہے۔

ہم جانتے ہیں کہ حرارت کی منتقلی کے دو طریقوں کنڈکشن اور کنوکشن میں ایک مادی واسطے کی ضرورت ہوتی ہے۔ اس کے برعکس حرارت کی منتقلی کا ایک ایسا طریقہ جس میں کسی مادی واسطے کی ضرورت نہ ہو اشعاع حرارت کہلاتا ہے ہم جانتے ہیں کہ زمین اور سورج کے درمیانی خالی فضا ہے کوئی مادی واسطہ نہیں ہے اس کے باوجود سورج سے حرارت روشنی کی شکل میں زمین کو پہونچتی ہے۔ اس لیے کسی جسم سے اشعاع حرارت کا وہ طریقہ جو اس کی تپش کے باعث ہو اور اس میں واسطے کا کوئی دخل نہ ہو ریڈئیشن کہلاتا ہے۔

تھرمل ریڈئیشن کی خصوصیات حسب ذیل ہیں:

i. یہ خلا یا ہوا میں نور کی رفتار سے حرکت کرتی ہیں۔

ii. یہ نور کی طرح خط مستقیم میں حرکت کرتی ہیں۔

iii. یہ انعکاس، انعطاف اور کلی داخلی انعکاس اور نور کے دوسرے کلیات کی پابندی کرتی ہیں۔

iv. یہ جس سطح پر واقع ہوتی ہیں اس پر ہلکا دباؤ عائد کرتی ہیں جسے حرارتی اشعاع کا دباؤ کہتے ہیں۔

v. یہ معکوس مربع کے کلیہ کی پابندی کرتی ہیں۔

16.1 مقاصد(Objectives)

یہ اکائی میں اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ:

- حراری اشعاع کے کلیات کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔
- دین کا نقل مکانی کلیہ پر بھی بحث کریں گے۔

16.2 حراری اشعاع کے کلیات(Laws of Thermal Radiations)

1. کرچوف کا کلیہ(Kirchoff's Law)

اس کلیہ کے مطابق "دی ہوئی تپش پر اخراجی طاقت اور انجزابی طاقت کے درمیان نسبت دیے ہوئے طول موج پر ہر جسم کے لیے مساوی ہوتی ہے اور یہ مساوی ہوتی ہے اسی تپش پر ایک سیاہ جسم کے اخراجی طاقت کے۔

فرض کیجئے کہ ایک جسم ایک ہموار تپش پر ایک لفاف(Enclosure) کے ساتھ حراری توازن میں ہے۔ فرض کیجئے کہ طول موج E_λ اور $\lambda + d\lambda$ طول موج کے درمیان توانائی dQ_λ حرف تپش پر منحصر ہوتی ہے جو جسم کے اکائی رقبہ پر فی سکنڈ واقع ہوتی ہے تب

جسم کی خارج کردہ توانائی = جسم کی جذب کردہ توانائی

$$a_\lambda dQ_\lambda = e_\lambda d_\lambda$$

جہاں a_λ جسم کی انجذابی طاقت اور e_λ اخراجی طاقت ہے تب

$$\text{ایک مستقل} = \frac{e_\lambda dQ_\lambda}{a_\lambda d_\lambda}$$

اسے کرچوف کا کلیہ کہتے ہیں۔

2. اسٹیفن اور بولٹزمن کا کلیہ(Stefon's Boltzmanns Law)

اس کلیہ کے مطابق ایک سیاہ جسم سے فی سکنڈ فی اکائی رقبہ اشعاعی توانائی کا اخراجی راست تناسب میں رہتا ہے تپش مطلق کی چوتھی قوت کے یعنی

$$EaT^4$$

یا

$$E = \sigma T^4$$

جہاں σ = اسٹیفن کا مستقل $5.67 \times 10^{-8} Wm^{-2}k^{-4}$

یہ کلیہ اسی وقت کار آمد ہے جب کہ سیاہ جسم کے اطراف کا واسطہ خلا ہو۔

فرض کیجئے ایک سیاہ جسم B_1 جس کی تپش مطلق T_1 ہے اور دوسرے سیاہ جسم B_2 سے گھرا ہے جس کی تپش مطلق T_1 ہے تب

سیاہ جسم B_1 کا نقصان حرارت $= \sigma {T_1}^4$

سیاہ جسم B_2 کی جذب کردہ حرارت $= \sigma {T_2}^4$

سیاہ جسم سے B_1 سے اصل (net) حرارت کی مقدار کا اخراج

$$\frac{dQ}{dt} = \sigma\left({T_1}^4 - {T_2}^4\right)$$

یہ اسٹیفن اور بولٹز من کا کلیہ ہے۔

3. وین کا نقل مکانی (ڈسپلیسمنٹ) کلیہ (Wien's Displacement Law)

1896ء میں مختلف طول موجوں پر توانائی کی تقسیم کے مطالعہ کے دوران وین نے ثابت کیا کہ جسم کی تپش میں اضافے سے اعظم ترین توانائی کا نقطہ کم طول موج کی جانب ہٹ جاتا ہے اس نے ثابت کیا کہ

$$\lambda_m T = b = \text{ایک مستقل}$$

جہاں λ_m سیاہ جسم سے اعظم ترین توانائی کا طول موج ہے۔ اس نے ثابت کیا کہ ایک سیاہ جسم سے اعظم ترین توانائی کا اخراج راست تناسب میں رہتا ہے تپش مطلق کی پانچویں طاقت کے یعنی

$$(E_\lambda)_{max} a T^5$$

$$\frac{(E_\lambda)max}{T^5} = \text{مستقل}$$

4. ریلے۔ جینز کا کلیہ (Rayliegh – Jean's Law)

ریلے جینز کے کلیہ کے مطابق حراری طیف میں توانائی کی تقسیم ذیل کی مساوات سے دی جاتی ہے۔

$$E_\lambda = \frac{8\Pi KT}{\lambda^4}$$

جہاں K= بولٹز من کا مستقل

5. پلانک کا کلیہ (Plank's Law)

قدرتی (Quantum) نظریہ کی بنیاد پر پلانک نے حراری طیف میں توانائی کی تقسیم کا کلیہ اخذ کیا جو حسب ذیل ہے۔

$$E_\lambda = \frac{8\Pi hc}{\lambda^5(e^{hc/\lambda KT-1})}$$

جہاں h پلانک کا مستقل C نور کی رفتار اور k بولٹز من کا مستقل ہے۔

یہ بات ذہن نشین رکھنی چاہئے کہ وین کا کلیہ کم طول موج اور ریلے جینز کا کلیہ طویل طول موج پر کرر گرد ہے جب کہ پلانک کا کلیہ ہر دو طول موج کے لیے کار آمد ہے۔

16.3 وین کا نقل مکانی کا کلیہ (Wein Displacement Law)

ہم پڑھ چکے ہیں کہ جب سیاہ جسم کے اشعاع کو ایک منشور سے گزارا جاتا ہے تو ایک مسلسل طیف حاصل ہوتا ہے اور توانائی کی تقسیم مختلف طول موجوں میں ہوتی ہے جن کی قیمت صفر سے لامتناہی کے درمیان ہوتی ہے۔ وہ کلیہ جو طول موج اور حدت میں تعلق جوڑتا

ہے سیاہ جسم کے اشعاع کی حدت کا تقسیمی کلیہ کہلاتا ہے۔ وین نے حر حرکیاتی طور پر اخذ کیا کہ جب جسم کی تپش میں اضافہ ہوتا ہے تب اعظم توانائی کا رجحان کم طول موج کی طرف ہوتا ہے۔ وین ڈسپلسمنٹ کلیہ کے مطابق اعظم توانائی کا طول موج λ_m اور تپش مطلق T کا حاصل ضرب مستقل رہتا ہے۔

یعنی $\lambda_m T =$ ایک مستقل

یا

$$\lambda_m T = b$$

جہاں b وین ڈسپلسمنٹ مستقل کہلاتا ہے جس کی قیمت $0.2896 \times 10^{-2} mK$ ہے۔

مساوات کا اخذ کرنا (Deduction of the Law):

ایک کروی انکلوژر پر غور کیجئے جس کی دیواریں کامل انعکاسی ہیں جو فٹ بال کے اندرونی ٹیوب کے طرح بیرونی طور پر نصف قطری (Radially) شکل میں پھیلنے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ فرض کیجئے اسے تپش T پر سیاہ جسم کی اشعاع سے بھرا گیا جس کی کثافت توانائی u ہے۔ اگر انکلوژر کا حجم V ہو تب اشعاع کی مجموعی اندرونی توانائی U ہوگی۔

$$U = uV \quad \text{------------}(16.1)$$

ہم تصور کریں گے کہ انکلوژر کی دیواریں بیرونی طور پر حرکت کرتی ہیں جس کی وجہ سے اندرونی اشعاع ایڈیابیٹک طور پر پھیلتا ہے تب اشعاع کے دباؤ کا انکلوژر کی دیواروں پر انجام دیا ہوا کام PdV ہوگا۔ فرض کیجئے کہ dU اشعاع کی اندرونی توانائی میں کمی ہے۔ تب تھرموڈائنامک کے پہلے کلیہ کے مطابق

$$dU + PdV = dQ = 0 \quad \text{----------}(16.2)$$

(∴ ایڈیابیٹک طریق میں dQ صفر ہوتا ہے)

گیسوں کے نظریہ تحرک کی بنا پر ہم جانتے ہیں کہ عائد کردہ دباؤ P توانائی کی کثافت کا 1/3 ہوتا ہے۔

$$P = \frac{1}{3}u \quad \text{-----------}(16.3)$$

U اور P کی قیمتیں مساوات (16.1) اور (16.2) سے مساوات (16.3) میں درج کرنے پر

$$d(uV) + \frac{1}{3}udV =$$

$$udV + Vdu + \frac{1}{3}udV = 0$$

$$\frac{4}{3}udV + Vdu = 0$$

uV سے تقسیم کرنے پر

$$\frac{4}{3}\frac{dV}{V} + \frac{du}{u} = 0$$

تکملہ لینے پر

$$\frac{4}{3}\log_e V + \log_e u = 0$$

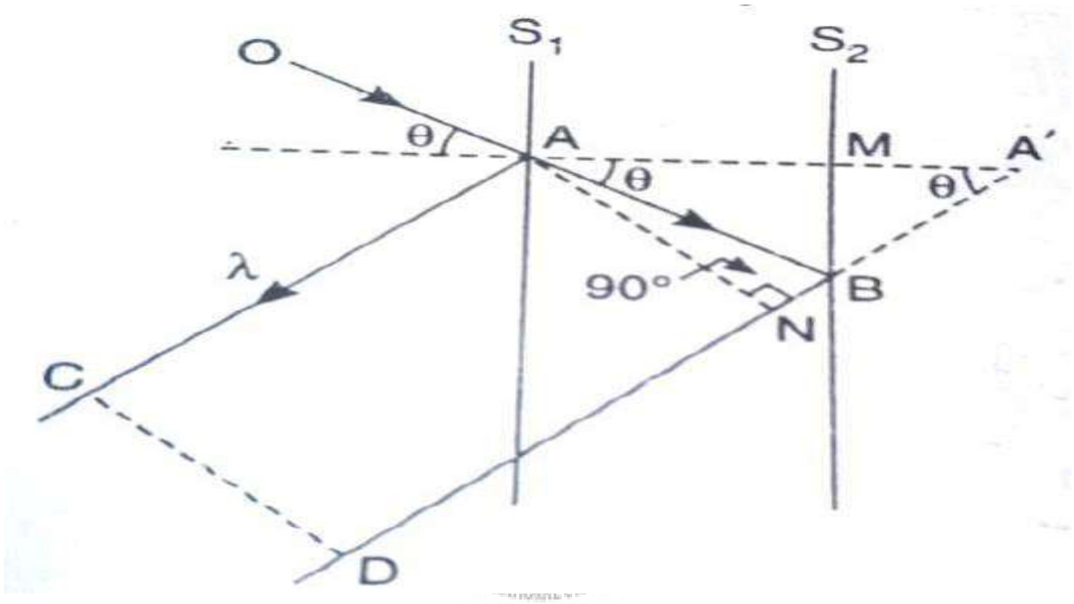
ایک مستقل $V^{4/3}u$

اسٹیفن کے کلیہ کے مطابق $u = \sigma T^4$ جہاں σ =اسٹیفن مستقل ہے۔

مستقل= $V^{4/3}\sigma T^4$

$V^{4/3}T^4 =$مستقل..........(16.3A)

انکلوژر میں بھرا ہوا اشعاع دیواروں کی حرکت کی وجہ سے مسلسل انعکاس میں رہتا ہے۔ڈاپلر کے اثر کے مطابق ایک متحرک جسم کا طول موج ظاہری طور پر تبدیل ہوتا ہے۔جس کی پیائش ہم حسب ذیل طریقے سے کریں گے۔



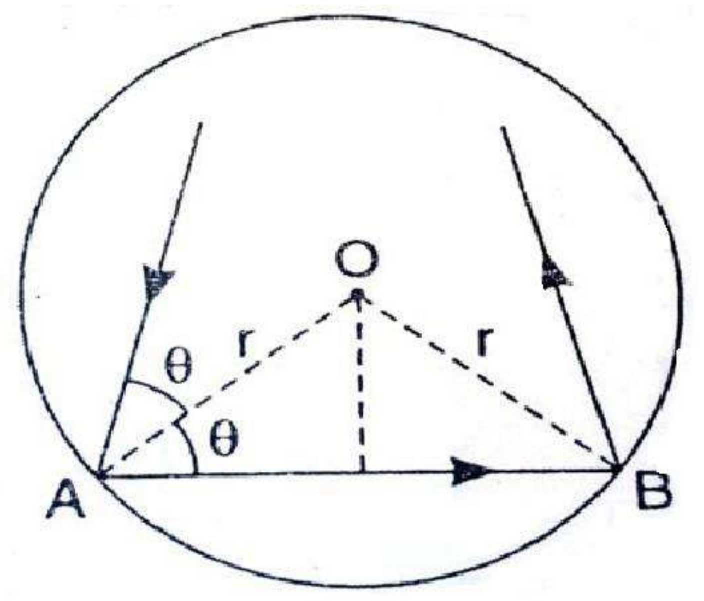
شکل(16.1)

شکل(16.1)پر غور کیجئے فرض کیجئے OA ایک اشعاع ہے جس کا طول موج λ ہے اور جو زاویہ θ سے دیوار کی پوزیشن S_1 پر واقع ہوتی ہے۔ایک خاص موج کا فراز(Crest)دیوار سے A سے ٹکراتا ہے اور AC کے راستے منعکس ہوتا ہے تب $\lambda = AC$ ہو گا۔ جب منعکس موج کا فراز C پر پہونچے گا تب دوسرے پ موج کا فراز وقت T میں A پر پہنوچے گا۔ جہاں T موج کا وقت دوراں ہے جب دوسرا فراز A پر پہونچے گا تب دیوار فاصلہ AM طئے کر چکی ہوتی ہے جو vT کے مساوی ہو گا جہاں v دیوار کے پھیلاؤ کی رفتار ہے۔اب فراز نقطہ B سے منعکس ہو کر نئی پوزیشن S_2 پر پہونچتا ہے جس کی قیمت BD ہو گی تب $AB + BD = \lambda_1$ جو طول موج میں تبدیلی کو ظاہر کرتا ہے۔

$$d\lambda = \lambda_1 - \lambda = (AB + BD) - AC$$
$$= (AB + BN + ND) - AC \qquad (\because ND = AC)$$

$$AB + BN \ (AB = AB')$$
$$AB + BN$$
$$AB' + BN$$
$$= AN' = AA' \cos\theta \qquad \left(\because T = \frac{\lambda}{c}\right)$$
$$2AM \cos\theta$$
$$2vT \cos\theta$$
$$= 2v\frac{\lambda}{c}\cos\theta \qquad \text{-----------}(16.3B)$$

جہاںCنور کی رفتار ہے۔



شکل(16.2)

کروی انکلوژر کی ہر شعاع کا مکرر(Repeated)انعکاسی عمل ہوتا ہے ایک واحد شعاع کا راستہ شکل(16.2)میں دکھایا گیا ہے۔

شکل سے ظاہر ہے کہ دو متواتر انعکاسAاورBکے درمیان موج کا طئے کردہ فاصلہ $2r \cos\theta$

اس کے لیے ایک سکنڈ میں انعکاس کی مقدار$= \frac{c}{2r\cos\theta}$

وقتdtمیں انعکاس کی تعداد$= \frac{cdt}{2r\cos\theta}$

وقتdtمیں طول موج میں تبدیلی$d\lambda$کی قیمت ہو گی۔

$\therefore\ d\lambda =$ وقتdtمیں انعکاس کی تعدادxایک انعکاس میں موج میں تبدیلی

$$d\lambda = \frac{2v\lambda\cos\theta}{C} \times \frac{cdt}{2r\cos\theta} = \frac{v\lambda}{r}dt$$

$$\frac{d\lambda}{\lambda} = \frac{vdt}{r} = \frac{dr}{dt}\frac{dr}{r} = \frac{dr}{r}\left(\because v = \frac{dr}{dt}\right)$$

تکمیلہ لینے پر(مستقل

$$\log_e \lambda = \log_e r + \log_e C$$

$$\lambda = rc$$

یا

$$\frac{\lambda}{r} = \text{مستقل}$$

(16.3C)۔۔۔۔۔مساوات(15.4A)سے $V^{1/3}\mathrm{T} =$ مستقل

لیکن کرہ کا حجم $= \frac{4}{3}\Pi r^3$

$$\left(\frac{4}{3}\Pi r^3\right)^{1/3} T = \text{مستقل}$$

$$\frac{4}{3}\Pi rT = \text{مستقل}$$

(16.3D)۔۔۔۔۔۔۔۔ $rT =$ مستقل

مساوات(16.3C)اور(16.3D)پر

$$\frac{\lambda}{r}rT = \text{مستقل}$$

(16.3E)۔۔۔۔۔۔ $\lambda T = \text{مستقل} = \lambda' T'$

اس طرح ایک مخصوص طول موج کی اشعاع کو ایک خاص تپش پر ایڈیا بیٹک طریقے سے دوسرے طول موج میں تبدیل کیا جائے تب تپش میں تبدیلی معکوس نسبت میں ہوتی ہے۔ ریاضی شکل میں یہ مساوات یہ ظاہر کرتی ہے کہ تپش میں اضافہ سے اخراجی اشعاع کی اعظم حدت کم تر طول موج کے حصے کی طرف منتقل ہو جاتی ہے اس کو وین ڈسپلسمنٹ کا کلیہ کہتے ہیں۔

وین ڈسپلسمنٹ کلیہ کی دوسری شکل(Another Form of Wien Displacement Law):

فرض کیجئے کہ کروی چیمبر میں وہ موجیں جن کا طول موج λ اور $d\lambda + \lambda$ کے درمیان ہے۔ علاحدہ(Isolated)ہیں اور ان کو ایڈیا بیٹک طور پر پھیلنے دیا گیا تب ان کی توانائی U کو $U\lambda d\lambda$ سے ظاہر کیا جاتا ہے تب λ اور $d\lambda$ دونوں میں جو تبدیلی واقع ہو گی تھرمو ڈائنامک کلیہ کی رو سے۔

$$d(U_\lambda \times d_\lambda) + PdV = 0$$

$$d(U_\lambda V d_\lambda) + \frac{1}{3} U_\lambda d_\lambda dV = 0 \left(\because P = \frac{1}{3} U_\lambda d_\lambda\right)$$

$$V d(U_\lambda d_\lambda) + u_\lambda d_\lambda dV + \frac{1}{3} U_\lambda d_\lambda dV = 0$$

$$V d(U_\lambda d_\lambda) + \frac{4}{3} U_\lambda d_\lambda dV = 0$$

$$\frac{d(U_\lambda d_\lambda)}{U_\lambda d_\lambda} = -\frac{3}{4} \times \frac{dV}{V} = -4\frac{dr}{r}$$

$$\because V = \frac{4}{3}\Pi r^3$$

$$dV = \frac{4}{3}\Pi r^2 dr$$

$$\left(\because \frac{dV}{dV} = 3\frac{dr}{r}\right)$$

تکمیلہ لینے پر

$$\log_e(U_\lambda d_\lambda) + 4\log_e r = \log_e C(\text{مستقل})$$

$$U_\lambda d_\lambda r^4 = \text{مستقل}$$

$$U_\lambda drr^4 \text{مستقل} \quad (\because \lambda ar \text{ یا } d\lambda adr)$$

$U_\lambda r^5$ مستقل تکمیلہ لینے پر

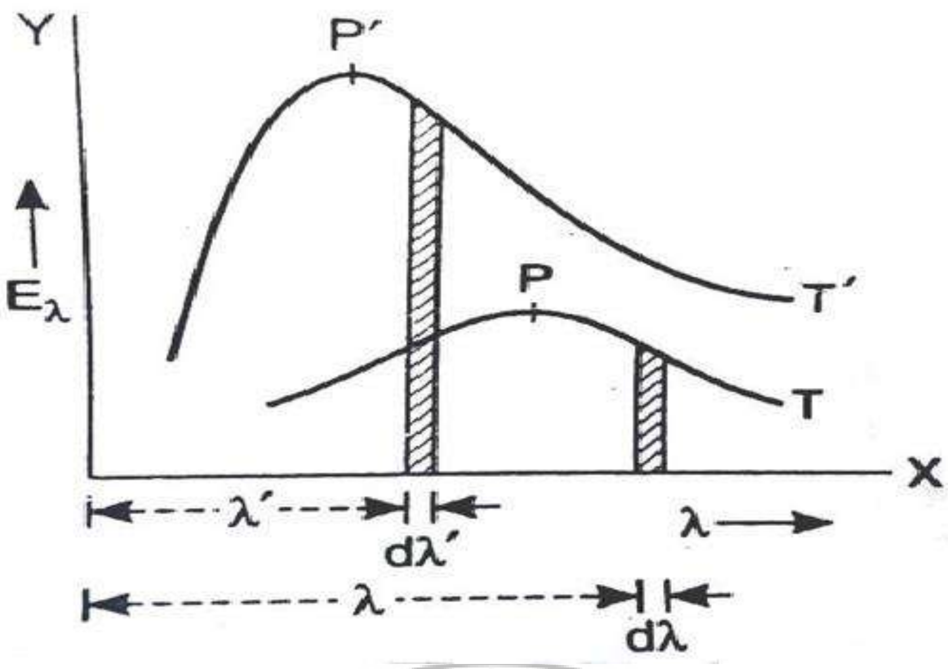
مساوات(D)سے $(\because ra\frac{1}{T}$ مستقل $= U_\lambda T^{-5}$

چونکہ E_λ راست تناسب میں ہوتا ہے کثافت توانائی کے U_λ کے لہذا

$E_\lambda T^{-5}$ مستقل $= E'_\lambda T^{-5}$------(16.3F)

یا $$\frac{E_\lambda}{E_\lambda} = \frac{T^5}{T'^5}$$

تجرباتی طور پر کسی بھی تپش T پر مختلف طول موجوں (λ) کے درمیان توانائی E_λ کی تقسیم λ---- E_λ ترسیم سے کی جاتی ہے۔ جسے شکل(16.3)میں دکھایا گیا ہے۔



شکل(16.3)

اس منحنی کی مدد سے کسی بھی بلند تپش T کی منحنی حاصل کی جاسکتی ہے اس کو حاصل کرنے کے لیے ذیل کی نسبت میں (λ) محور Abscissa کی قیمت کم کردی جاتی ہے۔

$\frac{T}{T'}$ چونکہ $\left(\frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{T}{T'}\right)$

اور متعلقہ y محور Ordinate میں $E\lambda$ کی نسبت میں اضافہ کرنے پر

$\left(\frac{T'}{T}\right)^5$ چونکہ $\left(\frac{E'\lambda}{E\lambda} = \left(\frac{T'}{T}\right)^5\right)$

طول موج کے وقفہ $d\lambda$ میں بھی کمی کی نسبت $\left(\frac{T}{T'}\right)$ ہوگی اس طرح حاصل ہونے والی نئی منحنی بڑی لیکن پتلی (Narrower) ہوگی مجموعی رقبہ جو حدت کی نمائندگی کرتا ہے اس کی تبدیلی کی نسبت ہوگی۔

$$\frac{T}{T'}\left(\frac{T'}{T}\right)^5 = \left(\frac{T'}{T}\right)^4$$

یہ مشاہدہ کیا گیا کہ T کی منحنی میں چوٹی کے نقطہ P کے مماثل T منحنی میں چوٹی کا نقطہ `P ہوگا۔ اس طرح کہ

$$\lambda_m T = \lambda'_m T' \text{ مستقل}$$

جہاں λ_m اور λ'_m تپش T اور T' پر اعظم اخراج کے متعلقہ طول موج ہیں۔

16.4 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

ایک جسم جس کی تپش 1500k ہے $20000\dot{A}$ طول موج پر اعظم توانائی خارج کرتا ہے۔ اگر سورج سے اعظم توانائی کا اخراج $5500\dot{A}$ پر ہوتا ہو تو سورج کی تپش معلوم کیجیے۔

حل: وین کے نقل مکانی کلیہ کے مطابق

$$l_m T = \text{ایک مستقل}$$

یا
$$\lambda_m T = \lambda'_m T'$$

دیا گیا ہے کہ
$$T = 1500k \quad \lambda_m = 20000A^0$$

$$\lambda_m T / \lambda'_m = T'$$

$$T' = 5454k$$

حل شدہ مثال 2

ایک سیاہ جسم کی تپش $1127C^0$ ہے اس سے اعظم طول موج کا اشعاع عمل میں آتا ہے۔ جس کی قیمت 2 مائیکرون ہے اگر چاند کی اعظم توانائی کا طول موج 14 مائیکرون ہو تو چاند کی تپش معلوم کیجیے۔

حل: وین کے ڈسپلیسمنٹ کلیہ کے مطابق

$$\lambda_m T = \lambda_m' T'$$

$$\lambda_m = 2micron = 2 \times 10^{-6} m$$

$$\lambda'_m = 14micron = 14 \times 10^{-6} m$$

$$T = 1127 + 273 = 1400k$$

$$T' = ?$$

$$T' = \frac{\lambda_m T}{\lambda_{m'}} = \frac{2\times10^{-6}\times1400}{14\times10^{-6}}$$

$$T = 200k$$

$$\text{چاند کی تپش} = 200 - 273$$

$$= -173^0 C$$

حل شدہ مثال3

اگر وین کا مستقل $b = 3x^{-10}mk$ ہو اور سرخ رنگ کا اعظم طول موج $7500A^0$ اور نیلگوں رنگ کا اعظم طول $4800A^0$ ہو تو وہ تپش معلوم کیجئے جس پر ایک جسم سرخ اور ایک جسم نیلگوں نظر آئے گا۔

حل:
$$\lambda_m T = b$$

دیا گیا ہے کہ
$$\lambda_{mRed} = 7500A^0$$
$$b = 3 \times 10^{-3}mk$$
$$T_{Red} = ?$$
$$T_{Red} = \frac{b}{\lambda_{mRed}} = \frac{3\times10^{-3}}{7500\times10^{-10}}$$
$$T_{Red} = 4000k$$

اسی طرح
$$T_{blue} = \frac{b}{\lambda_{mRed}}$$
$$T_{blue} = \frac{3\times10-3}{4800\times10^{-10}} = 6250k$$
$$T_{blue} = 6250K$$

حل شدہ مثال4

ایک کرہ کا نصف قطر 50m ہے اور تپش 3000k ہے اور اخراجیت 0.3 ہے تب کرہ سے اخراج کی شرح معلوم کیجئے۔ اسٹیفن کا مستقل $\sigma = 5.7 \times 10^{-8}wm^{-2}k^{-4}$

حل: ایک جسم سے مجموعی توانائی کا اخراج فی سکنڈ
$$E = e\sigma T^4 A$$

دیا گیا ہے کہ کرہ کا سطح رقبہ $= 4\Pi r^2, e = 0.3, r = 5cm = 0.05m$
$$= 4 \times \frac{22}{7} \times (0.05)^2$$
$$T = 3000k \quad E = ?$$
$$E = e\sigma T^4 A$$
$$= 0.3 \times 5.7 \times 10^{-8} \times 4 \times \frac{22}{7}(0.05)^2 \times (3000)^4$$
$$E = 43280J$$

اشعاع کی شرح $= 43280\ Watt$

16.5 اکتسابی نتائج(Learning Outcomes)

وہ تمام اجسام جن کی تپش فر مطلق سے زائد ہوان سے حرارت کا اشعاع عمل میں آتا ہے۔

- ٹھوس اشیاء میں حرارت کی منتقلی کنڈکشن کے ذریعہ ہوتی ہے۔
- سورج کی روشنی زمین کو ریڈیئیشن کے ذریعہ پہونچتی ہے۔
- سورج ایک کامل سیاہ جسم ہے
- ایک سیاہ جسم ایک بہترین جاذب اور بہترین اشعاع گر ہوتا ہے۔
- کوئی بھی جسم کامل سیاہ جسم نہیں ہوتا۔
- ایک سیاہ جسم سے توانائی کی تقسیم کو بیان کرنے کے لیے مختلف طبیعیات دانوں نے مختلف کلیات پیش کیے۔
- پلانک کے کلیہ کے مطابق ایک جسم سے اشعاع کا اخراج توانائی کی اکائی $h\nu$ کا جز ضربی ہوتا ہے۔ اس توانائی کی اکائی کس قدر یہ (کوانٹم) کہتے ہیں۔
- کاسیکل طبیعیات طبعی مظاہر جیسے ضیائی برقی اثر، کامپٹن اثر وغیرہ کی توضیح نہیں کر سکی۔
- پلانک کے کلیہ کے ذریعہ آئین اسٹائن نے ضیائی برقی اثر، حرارت نوعی، کامپٹن نے x-ray کے بکھراؤ اور بوہر نے جوہر کی ساخت کی کامیابی سے توضیح کی۔

16.6 کلیدی الفاظ(Keywords)

- (تھر+ مو+ کپل)Thermocouple: دو مختلف دھاتوں پر مشتمل ایک بند دور جس میں دو جنکشن ہوتے ہیں ایک جنکشن کو گرم رکھا جاتا ہے جب کہ دوسرے کو ٹھنڈا رکھا جاتا ہے جس سے اس دور سے برقی رو گزرتی ہے جس کی پیائش روپیا کے ذریعہ کی جاتی ہے اسے حراری جفت کہتے ہیں۔
- (او+ور+ٹون)Overtone: اعلیٰ تعدد یا بنیادی تعدد کا جز ضربی۔
- (فلو+رو+اسپار)Flurite:Flurospar کی ایک معدنی شکل یہ uv اور IR کو جذب نہیں کرتا۔

16.7 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

16.7.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. کامل سیاہ جسم سے کیا مراد ہے؟
2. کرچوف کے کلیہ کو بیان کیجئے۔

3. اسٹیفن۔بولٹز من کے کلیہ کو بیان کیجئے۔

4. انعکاسیت اور اخراجیت کی تعریف کیجئے۔

5. کامل سیاہ جسم کی کوئی دو مثالیں دیجئے۔

6. "بہترین جاذب بہترین خارج گر(Emitter)ہیں" یہ بیان کہلاتا ہے۔

(a) Prevostکا کلیہ (b) کرچوف کا کلیہ

(c)اسٹیفن کا کلیہ (d)وین کا کلیہ

7. ایک کامل سیاہ جسم کی انجذابی طاقت ہوتی ہے۔

(a) 0 (b) 0.5

(c) 1 (d)∞

8. ایک غیر موصل آئسیو تھرمل انکلوژر کے لیے اسکے اندر ریڈیئیشن کی مقدار کا انحصار انکلوژر کی

(a) تپش پر ہوتا ہے (b)دیواروں کی نوعیت پر ہوتا ہے

(c)مادے کی نوعیت پر ہوتا ہے (d)سب پر ہوتا ہے

9. ایک بلب کے فلیمنٹ کو کس شرح سے توانائی مہیا کی جائے کہ اس کی تپش 3600k ہو جائے جب کہ اس کی توانائی کی شرح 16wاور تپش1800kہے۔

(a) 4w (b) 64w

(c)1282 (d) 256w

10. تپش6000kکی پیمائش کے لیے کون سا آلہ استعمال کیا جاتا ہے۔

(a)بولومیٹر (b)ہیلیم گیس تھرمامیٹر

(c)پائیرومیٹر (d) پلیٹینم مزاحمت تھرمامیٹر

11. سرخ شیشے کو اتنا گرم کیا جائے کہ وہ سرخ ہو جائے تب یہ کیسا نظر آئے گا۔

(a)سبز (b)سفید

(c)سفید (d) Invisible

16.7.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات(Short Answer Type Questions)

1. حراری اشعاع کیا ہے؟اس کی چند خصوصیات بیان کیجئے۔

2. بلیک باڈی کیا ہے؟ بلیک باڈی کے ریڈیئیشن میں توانائی کی تقسیم کو بیان کیجئے۔

3. ایک جسم سے ریڈیئیشن اور تپش کو جوڑنے والے کلیات بیان کیجئے۔

16.7.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. ایک سیاہ جسم کے اہم خدوخال بیان کیجئے۔ وین کے نقل مکانی کلیہ کو بیان کیجئے اور اخذ کیجئے۔
2. ایک سیاہ جسم سے اشعاع کی توانائی کی تقسیم کے لیے پلانک کا کلیہ اخذ کیجئے۔

16.7.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. وین کا نقل مکانی کلیہ استعمال کرتے ہوئے سورج کی تپش محسوب کیجئے دیا گیا ہے کہ

$b = 0.2898cmk$ اور $\lambda_m = 4900A^0$ (جواب: 5898k)

2. وہ تپش معلوم کیجئے جس پر ایک سیاہ جسم کی نقصان توانائی کی شرح $1w/cm^2$ ہے۔

a. دیا گیا ہے کہ $\sigma = 5.6 \times 10^{-8}\ w/m^2k^4$ (جواب: 650k)

3. اگر سورج کا نصف قطر $7.04 \times 10^5 km$ سورج اور زمین کا درمیانی فاصلہ $14.72 \times 10^7 km$ اور شمسی مستقل $1400\ w/m^2$ اور $\sigma = 5.7 \times 10^{-8} wm^{-2}k^{-4}$ ہو تب سورج کی تپش محسوب کیجئے۔ (جواب: 5723k)

16.8 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th}& 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
5. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
6. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
7. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.

اکائی 17۔ قدرتی اشعاعی نظریہ

(Qurantum Theory of Radiation)

اکائی کے اجزا

17.0 تمہید

17.1 مقاصد

17.2 قدرتی اشعاعی نظریہ کا تعارف

17.3 ریلے۔ جینز کا کلیہ

17.4 پلانک کا اشعاعی کلیہ

17.5 پلانک کے کلیہ سے خلیات اخذ کرنا

17.6 حل شدہ مثالیں

17.7 اکتسابی نتائج

17.8 کلیدی الفاظ

17.9 نمونہ امتحانی سوالات

17.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

17.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

17.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

17.9.4 غیر حل شدہ سوالات

17.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد

17.0 تمہید(Introduction)

کلاسیکی طبیعیات نے مساوات کے نظریہ کے ذریعے الٹرا وایلیٹ تباہی کی طرف رہنمائی کی، یہ پیشین گوئی کہ بلیک باڈی کی کل تابکاری کی شدت لامحدود تھی۔ اگر کلاسیکی طور پر غیر منصفانہ مفروضے کی تکمیل کی جائے کہ کسی وجہ سے تابکاری محدود ہے، کلاسیکی تھرموڈینامکس پلانک کی تقسیم کے کچھ پہلوؤں کا حساب فراہم کرتی ہے، جیسا کہ اسٹیفن بولٹزمین قانون، اور وین کی نقل مکانی کا قانون۔ مادے کی موجودگی کے معاملے کے لیے، کوانٹم میکانکس ایک اچھا اکاؤنٹ فراہم کرتا ہے، جیسا کہ ذیل میں آئن اسٹائن کوفیشینٹس کے عنوان والے حصے میں پایا گیا ہے۔ یہ آئن سٹائن کی طرف سے سمجھا جاتا تھا، اور آج کل کوانٹم آپٹکس کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ مادے کی عدم موجودگی کی صورت میں، کوانٹم فیلڈ تھیوری ضروری ہے، کیونکہ فکسڈ پارٹیکل نمبرز کے ساتھ غیر رشتہ دار کوانٹم میکانکس کافی حساب فراہم نہیں کرتا ہے۔

پلانک کے قانون کی کوانٹم نظریاتی وضاحت تھرموڈینامک توازن میں تابکاری کو ماسلیس، بغیر چارج شدہ، بوسونک ذرات، یعنی فوٹون کی گیس کے طور پر دیکھتی ہے۔ فوٹون کو برقی چارج شدہ ابتدائی ذرات کے درمیان برقی مقناطیسی تعامل کے کیریئر کے طور پر دیکھا جاتا ہے۔ فوٹون نمبرز محفوظ نہیں ہیں۔

17.1 مقاصد(Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- قدرتی اشعاعی نظریہ کا تعارف کریں گے۔
- ریلے۔جینز کا کلیہ کا اظہار کریں گے۔
- پلانک کا اشعاعی کلیہ پر بھی بحث کریں گے۔
- پلانک کے کلیہ سے خلیات اخذ کریں گے۔

17.2 قدری اشعاعی نظریہ کا تعارف (Introduction of Quantum Theory of Radiation)

ہم پڑھ چکے ہیں کہ سیاہ جسم سے تھرمل ریڈیئیشن کی حدت کی تقسیم تمام طول موج کے لیے مسلسل طیف میں غیر ہموار ہوتی ہے۔ تجرباتی طور پر مشاہدہ کیا گیا ہے کہ ایک پلیٹینم کے کاجل سے لیپا ہوا تار برقی طور پر گرم کای جائے تو $500^{o}C$ اور پر یہ مدہم سرخ $900^{o}C$ پر Cherry سرخ اور $1100^{o}C$ پر نارنجی سرخ اور $1200^{o}C$ پر زرد آخر کار $1600^{o}C$ پر سفید ہو جاتا ہے اس سے ظاہر ہے کہ تپش میں اضافہ سے اشعاع کا طول موج کم سے کم تر ہو جاتا ہے یعنی تپش میں اضافے سے ریڈیئیشن کی اعظم حدت کا ہٹاؤ کم تر طول موج کی طرف ہوتا ہے۔ 1893ء سے 1897ء تک Lummer اور Pringshieum نے سیاہ جسم سے ریڈیئیشن کی

حدت کی تقسیم پر مسلسل ریسرچ کی اور اپنے نتائج کی روشنی میں تجرباتی منحنیاں حاصل کیں۔ کئی سائنس دانوں نے تجرباتی طور پر حاصل منحنیوں سے سیاہ جسم سے ریڈیئیشن کی حدت کی تقسیم کو حل کرنے کی بھرپور کوشش کی۔

1893ء میں حراری طیف میں توانائی کی تقسیم کو سمجھنے کے لیے اس مسئلہ کو تھرموڈائنامک طور پر حل کیا اور حسب ذیل دو رشتے حاصل کیے۔

$$\lambda_m T =$$ ایک مستقل

$$E_\lambda T^{-5} =$$ ایک مستقل

جہاں λ_m تپش T پر اعظم طول موج ہے اور $E\lambda$ اخراجی طاقت ہے۔ طیفی خطوط λ اور $\lambda + d_\lambda$ کے درمیان پائے جانے طیفی خطوط کی مساوات

$$dE = E_\lambda d_\lambda = k_\lambda{}^{-5} e^{-a/kT} d_\lambda$$ (وین کا توانائی تقسیمی کلیہ)

جہاں a اور k مستقل ہے۔ یہ مساوات کم طول موج کے لیے موزوں سے جب کہ طویل طول موج کے لیے غیر موزوں ہے۔

وین کی مساوات میں نقائص کو دور کرنے کے لیے ریلے۔ جینز نے سیاہ جسم کے اشعاع میں طیفی خطوط کو ثابت کرنے کے لیے ایک نیا نظریہ پیش کیا جس میں انہوں نے برقی حرکیات (Electrodynamics) اور شماری میکانیکات کو استعمال کیا اور ذیل کی توانائی مساوات پیش کی۔

$$dE = E_\lambda d_\lambda = 8\pi_\lambda{}^{-4} k d_\lambda$$

جہاں k بولٹز من مستقل ہے۔

ریلے جینز کی مساوات کے مطابق ایک دی ہوئی تپش پر λ کی قیمت میں کمی سے $E\lambda$ کی قیمت میں تیزی سے اضافہ ہوتا ہے اور کمترین طول موج پر اس کی قیمت لامتناہی کے قریب پہونچتی ہے لیکن یہ صحیح نہیں ہے۔ Paschen نے ثابت کیا کہ ریلے جینز کا کلیہ طویل طول موج کے لیے موزوں ہے۔ اس طرح تمام طول موج کے رینج کے لیے نہ تو وین اور نہ ہی ریلے۔ جینز نے توانائی کی تقسیم کی صحیح توضیح کی۔ ان کلیات کو کلاسیکل میکانیات کی بنیاد پر اخذ کیا گیا۔ ان کلیات کی ناکامی نے یہ ثابت کیا کہ طیف کے تمام رینج کے لیے طول موج سے متعلقہ توانائی کے لیے کلاسیکل میکانیات کا استعمال نہیں کیا جا سکتا۔

1905ء میں میکس پلانک نے کوانٹم (قدری) اشعاع کا نظریہ پیش کیا۔ اس نظریہ کے مطابق ایک سیاہ جسم کے ریڈیئیشن میں سادہ موسیقی اہتزازیہ (Simple Harmonic Oscillator) سالمی ابعاد کی شکل میں موجود رہتا ہے۔ اس کی توانائی میں تبدیلی غیر مسلسل اور علاحدہ ہوتی ہے اور یہ مساوی ہوتی ہے توانائی کی ایک چھوٹی اکائی $h\upsilon$ کے جز ضربی کے جس کو قدریہ (Quanta) کہتے ہیں۔

کوانٹم نظریہ کی بنیاد پر پلانک نے کثافت توانائی (Energy Density) کے لیے حسب ذیل مساوات اخذ کی۔

$$dE = E_\lambda d_\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda 5} \frac{1}{e^{ch/kT-1}} d\lambda$$

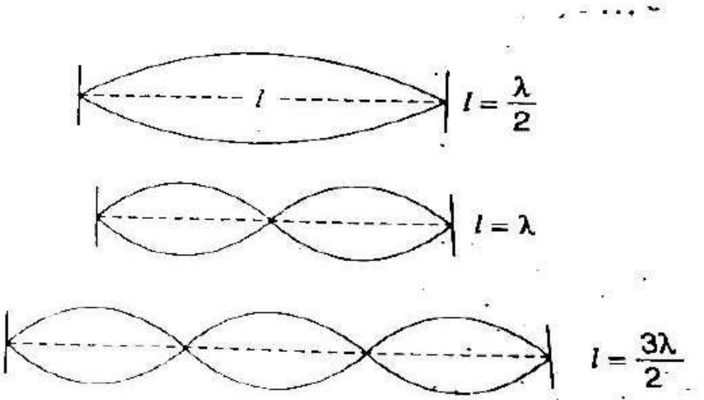
جہاں h پلانک کا مستقل اور C نور کی رفتار

یہ کلیہ تمام طول موج کے لیے موزوں ہے۔ کمتر طول موج کے لیے یہ کلیہ وین کے کلیہ کی شکل اختیار کلیتا ہے۔ اور طویل موج کے لیے ریلے۔ جینز کے کلیہ کی شکل اختیار کر لیتا ہے۔

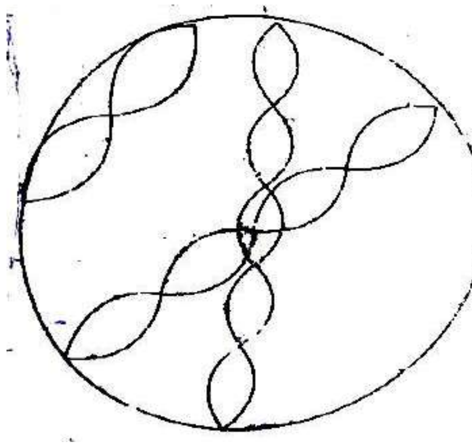
پلانک کا نظریہ یہ ایسا انقلابی تھا کہ اسے فوراً قبول کر لیا گیا اور 1905ء میں آئین اسٹائین نے اس کا اطلاق ضیائی برقی کی وضاحت کے لیے کیا۔ جب کہ اس اثر کو اس وقت تک کلاسیکل نظریہ کی بنیاد پر حل نہیں کیا جا سکا تھا۔ اس کے علاوہ اس نے کامیابی کے ساتھ 1907ء میں حرارت نوعی کے مسئلہ کی وضاحت کی۔ 1913ء میں بوہر نے جوہر کی ساخت کی وضاحت اور طیفی خطوط کی وضاحت کے لیے اسی کوانٹم نظریہ کو پیش کیا۔ 1922ء میں کامپٹن نے x-ray کے بکھراؤ (Scattering) کی وضاحت کے لیے کامیابی کے ساتھ ان ہی کوانٹم نظریات کو اپنایا۔

17.3 ریلے-جینز کا کلیہ (Rayleigh –Jean's Law)

ریلے اور جینز نے سیاہ جسم سے اشعاع کے طیفی تقسیم کے لیے ایک نئے نظریہ کو ترقی دی جو الکٹروڈائنامکس اور شماری میکانیات پر مشتمل ہے۔ ایک کھلے مکعبی انکلوژر کو تصور کیجیے جس کے ضلع کا طول l ہے اور دیواریں کامل انعکاسی ہیں۔ فرض کیجیے کہ ایک سیاہ ذرہ کو انکلوژر میں رکھا گیا۔ ذرے سے اشعاع کے اخراج کو انکلوژر کی دیواریں منعکس کرتی ہیں۔ برقی مقناطیسی نظریہ کے مطابق یہ اشعاع کئی موجوں پر مشتمل ہوتی ہے۔ یہ موجیں ہر سمت میں حرکت کرتی ہیں اور انکلوژر کی دیواروں سے ٹکرا کر کئی بار منعکس ہوتی ہیں اور اسی وقت کے دوران انکلوژر مختلف طول موج کی مقیم موجوں سے بھر جاتا ہے۔ کیونکہ منعکس شدہ موجوں میں تداخل (Interference) واقع ہوتا ہے اور آواز کی موجوں کی طرح مقیم موجیں بناتی ہیں جس کو شکل (17.1) میں دکھایا گیا ہے۔



شکل (17.1)



شکل (17.2)

اگر ایک تار جس کا طول l ہے اس کے دونوں سروں کو جکڑ دیا جائے اور بیچ کو کھینچ کر چھوڑ دیا جائے تو مقیم موجیں بنتی ہیں جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔

اگر تار n حلقوں (Loops) میں مرتعش ہو تو

$$n\frac{\lambda}{2} = l \text{ یا } \lambda = \frac{2l}{n} \text{ جہاں } n = 1, 2, 3 \text{--------} (17.1)$$

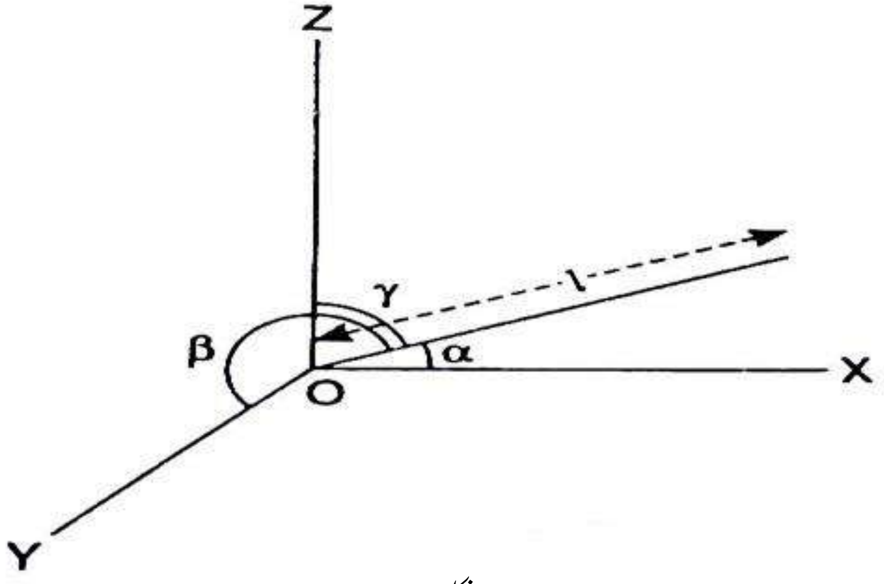
اس طرح کی موجیں انکلوژر میں بھی بنتی ہیں۔ فرض کیجئے کہ دیواروں کا درمیانی فاصلہ 'l' ہے۔ تب متعلقہ اعلیٰ تعدد (Overtones) کی قیمت ہوگی۔

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{Cn}{2l} \text{---------} (17.2)$$

$$n = 1, 2, 3 - - - - = a$$

جہاں C نور کی رفتار ہے۔ ملاحظہ شکل (17.2)

اعلیٰ تعدد کی تعداد کو ہم کئی آزادی کے درجات (Degrees of Freedom) کے مانند سمجھ سکتے ہیں جس سے نظام مرتعش ہوتا ہے ہر ایک جائز (Allowed) تعدد کو ارتعاش کا طرز (Mode of Vibration) کہتے ہیں۔



شکل (17.3)

ایک مکعب کے تینوں ضلع فضاء میں تین محور بناتے ہوں تب ہر سمت میں حلقوں کی تعداد n_x, n_y اور n_z ہوگی لہٰذا

$$n_x = \frac{2l}{\lambda}$$

$$l = \frac{n_x\lambda}{2} = \frac{n_y\lambda}{2} = \frac{n_z\lambda}{2} \text{-------}(17.3)$$

کیونکہ اشعاع منتشر ہوتا ہے اس لیے موجیں مستطیلی محوروں سے کسی بھی زاویہ پر مائل ہوتی ہیں جیسا کہ شکل(17.3) میں دکھایا گیا ہے۔

اگر موجیں تین محوروں سے α , β اور γ زاویہ بناتی ہوں تب

$$l\cos\alpha = n_x\frac{\lambda}{2}$$

$$l\cos\beta = n_y\frac{\lambda}{2} \qquad \text{-------}(17.4)$$

$$l\cos\gamma = n_z\frac{\lambda}{2}$$

تب Direction Cosine اس کلیہ کی پابندی کرتے ہیں۔

$$cos^2\alpha + cos^2\beta + cos^2\gamma = 1 \qquad \text{------}(17.5)$$

مساوات(17.3)اور(17.4)سے

$$nx^2 + ny^2 + nz^2 = \left(\frac{2l}{\lambda}\right)^2 \qquad \text{------}(17.6)$$

اگر

$$nx^2 + ny^2 + nz^2 = \gamma^2$$

تب

$$\gamma^2 = \left(\frac{2l}{\lambda}\right)^2$$

یا

$$\gamma = \frac{2l}{\lambda}$$

مساوات(17.6)ایک بیضوی مجسم(Ellipsoid)کو ظاہر کرتی ہے جہاں n_x اور n_y , n_z محدد کی سمت کو ظاہر کرتے ہیں n_x , n_y اور n_z کا ہر سٹ(set)اوپر کی مساوات کے مطابقت میں رہتا ہے جو ایک ارتعاش کے طرز کے مساوی ہوتا ہے۔ ارتعاش کے طرز کی مجموعی تعداد مساوی ہوتی ہے ممکنہ سٹ(n_x اور n_y , n_z)کے۔

طول موج کے وقفہ λ اور λ + $d\lambda$ کے درمیان ارتعاش کے طرز کی تعدد کو اوپر کی مساوات کے ذریعہ معلوم کیا جاسکتا ہے۔

منظر کو مزید واضح کرنے کے لیے ہم ارتعاکے طرز کو دو ابعادی تصور کریں گے تب دو ابعادی سمتوں میں مساوات(17.6)ہو گی۔

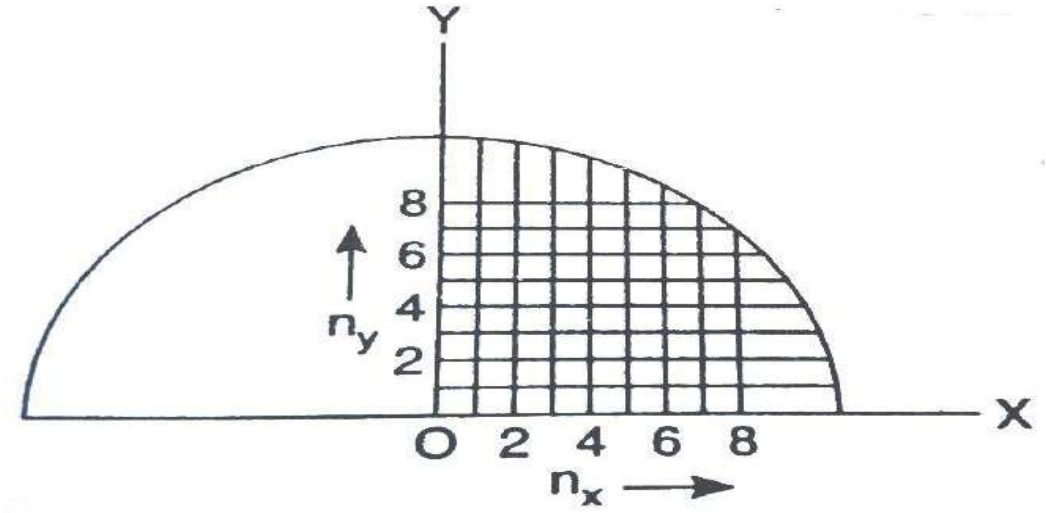
$$n_x{}^2 + n_y{}^2 = \left(\frac{2l}{\lambda}\right)^2 \qquad \text{------}(17.7)$$

مساوات(17.7)ایک دائرے کی مساوات کو ظاہر کرتی ہے۔ اگر n_x کو x محور پر اور n_y کو y محور پر لے کر ایک ترسیم کھینچی جائے تو اس کی دائری شکل کو شکل(17.3)میں دکھایا گیا ہے۔ ہر ایک نقطہ تقاطع(Intersection)ایک ارتعاش کے طرز کو ظاہر

کرتا ہے چونکہ n_xاور n_yکی مثبت قیمتیں جائز(Allowed)ہیں اس لیے ہم تقاطع کو مثبت ربع(Quadrant)میں زیر غور لائیں گے۔ ہر مربع کا رقبہ اکائی ہو گا۔ اس لیے ربع میں مربعوں کی تعداد اور ربع کے مساوی ہو گی۔ یعنی رقبہ $\left(\frac{1}{4}\Pi \text{نصف قطر}\right)^2$ ہو گا۔

اس طرح یہ مساوی ہو گا۔

$$\frac{1}{4}\Pi\left(\frac{2l}{\lambda}\right)^2 = \frac{\Pi l^2}{\lambda^2} \qquad ------(17.8)$$



شکل(17.4)

مساوات(17.8)کا تفرق لینے پر λاور $d\lambda$ کے درمیان ارتعاش کے طرز کی تعداد حاصل ہو گی۔ اوپر کا نظریہ ہم تین ابعادی فضاء پر عائد کریں گے تب دائرہ ایک کرہ میں اور ہر ایک اکائی مربع اکائی مکعب میں تبدیل ہو گا اور مجموعی ارتعاش کے طرز کی تعداد f طول موج Γ میں وہ ہو گی جو $\frac{2l}{\lambda}$ نصف قطر کروی خول کے ثمن(Octant)میں ہوں گے۔ لہٰذا

$$f = \frac{1}{8}\left(\frac{4}{3}\Pi r\right)^3 = \frac{1}{8}\left(\frac{4}{3}\Pi\left(\frac{2l}{\lambda}\right)\right)^3 = \frac{4}{3}\left(\frac{\Pi l^3}{\lambda^3}\right) \qquad --------(17.9)$$

λاور $(\lambda + d\lambda)$ کے درمیان ارتعاش کے طرز کی تعداد یعنی ڈگری آف فریڈم کو حاصل کرنے کے لیے مساوات(17.9)کا تفرق لینے پر

$$df = \frac{4\Pi}{3}l^3\left(\frac{d}{d\lambda}\left(\frac{1}{\lambda_3}\right)\right)^3 = \frac{4\Pi}{3}l^3\left(\frac{-3}{\lambda 4}d\lambda\right) \qquad --------(17.10)$$

منفی علامت نظر انداز کرنے پر کیونکہ $d\lambda$ مثبت مقدار ہے۔

$$df = \frac{4\Pi}{\lambda^4}Vd\lambda \qquad --------(17.11)$$

جہاں پر V انکلوژر کا حجم ہے۔

مساوات (17.11) کو 2 سے ضرب دینے پر کیونکہ عرضی موجوں میں ہر ایک کے لیے دو تقطیب (Polarisation) ہوتے ہیں لہٰذا مجموعی ارتعاش کے طرز ہوں گے۔

$$df = \frac{8\pi}{\lambda^4} V d\lambda \qquad \text{---------(17.12)}$$

تب ارتعاش کے طرز کی تعداد فی اکائی حجم ہو گی۔

$$= \frac{8\pi}{\lambda^4} d\lambda$$

ریلے اور جینز نے یہ تصور کیا کہ توانائی کی یکساں تقسیم کلیہ اشعاع پر بھی عائد کیا جا سکتا ہے۔ جس کے مطابق اوسط توانائی کی فی اکائی ارتعاشی طرز kT کے مساوی ہو گا جہاں k بولٹز من مستقل اور T تپش مطلق ہے۔

λ اور $\lambda + d\lambda$ طول موج کے درمیان کثافت توانائی ہو گی۔

$E_\lambda d_\lambda =$ اوسط توانائی فی اکائی طول x مجموعی ارتعاشی طرز کی تعداد

$$E_\lambda d_\lambda = \frac{8\pi d\lambda}{\lambda^4} kT$$

$$= \frac{8\pi kT d\lambda}{\lambda^4} \qquad \text{----(17.13)}$$

توانائی کی تقسیم کا ریلے جینز کا کلیہ ہے۔

17.4 پلانک کا اشعاعی کلیہ (Plank's Radiation Law)

پلانک کے مفروضات (Plank's Hypothesis)

1900 میں پلانک نے اشعاع کا انقلابی نظریہ پیش کیا جس کو اشعاع کا قدری نظریہ کہتے ہیں۔ اس کے مفروضات حسب ذیل ہیں:

a. ایک سیاہ جسم سے خارج ہونے والے ریڈیئیشن میں تمام ممکنہ تعدد کے سادہ موسیقی اہتزازیئے پائے جاتے ہیں۔

b. یہ اہتزازیئے نہ توانائی کو مسلسل جذب کر سکتے ہیں اور نہ مسلسل اس کا اخراج کر سکتے ہیں۔

c. توانائی کا انجذاب یا اخراج معین مقدار کے لیے ہوتا ہے یعنی اہتزازات کا توانائی Quantized ہوتی ہے۔

d. ایک ایٹمی اہتزازیہ کی توانائی جس کا تعدد ν ہو صرف $0, h\nu, 2h\nu, 3h\nu$----- وغیرہ قیمتوں پر مشتمل ہوتی ہے۔ یہ توانائی کی ایک چھوٹی اکائی $h\nu$ کا جز ضربی ہے جسے قدریہ (کوانٹم) یا فوٹان کہتے ہیں۔ عام طور پر ایک اہتزازیہ جس کا تعدد ν ہے اس کی توانائی کی ممکنہ قیمتیں ہو گی۔

$$E = nh\nu$$

جہاں... ... $n = 1, 2, 3$ ایک مثبت قیمت ہے اور h پلانک کا مستقل ہے۔

اہتزازیہ کی اوسط توانائی (Average Energy Oscillator)

فرض کیجئے کہ پلانک کے مجموعی اہتزازیوں کی تعداد N ہے اور ان کی مجموعی توانائی E ہے تب اوسط توانائی فی پلانک اہتزازیہ ہوگی۔

$$\bar{\varepsilon} = E/N \qquad \text{-------}(17.14)$$

فرض کیجئے کہ $N_0, N_1, N_2, N_3 - - - - N_r$ وغیرہ پلانک کے اہتزازیے ہیں جن کی توانائی $0, \varepsilon, 2\varepsilon, 3\varepsilon$.. .... ہے تب

$$N = N_0 + N_1 + N_2 + N_3 + - - - - - + N_r \text{--------}(17.15)$$

اور

$$N = 0 + \varepsilon N_1 + \varepsilon N_2 + \varepsilon N_3 + - - - - - + r_\varepsilon N_r$$

$$\text{------}(17.16)$$

مولانا آزاد نیشنل اُردو یونیورسٹی

میکس ویل کے تقسیمی کلیے کے مطابق، اہتزازیوں کی تعداد جس کی توانائی $r\varepsilon$ ہو ہوگی

$$Nr = Noe^{-r\varepsilon/kT} = N_0 exp\left(\frac{-r\varepsilon}{kT}\right) \text{------}(17.17)$$

جہاں k بالٹزمن کا مستقل ہے۔

مساوات (17.15) میں مساوات (17.17) سے $N_1, N_2, N_3 - - - -$ وغیرہ کی قیمتیں درج کرنے پر

$$N = Noexp\,(-r\varepsilon/kT) = N_0 Exp\left(\frac{-2\varepsilon}{kT}\right) + - - - + Noexp\left(\frac{r\varepsilon}{kT}\right)$$

$$N = No\,(1 + \exp(-r\varepsilon/kT)) = Exp\left(\frac{-2\varepsilon}{kT}\right) + Exp\left(\frac{-3\varepsilon}{kT}\right) - - - + exp\left(\frac{-r\varepsilon}{kT}\right) \pm - -$$

$$N = \frac{N_0}{(1 - exp(\varepsilon/kT))} \qquad \text{--------}(17.18)$$

$$\because 1 + x + x^2 + x^3 + - - - = \frac{1}{(1-x)}$$

مساوات (17.15) میں مساوات (17.17) سے $N_1, N_2, N_3 - - - -$ وغیرہ کی قیمت درج کرنے پر

$$E = N_0 x 0 + \varepsilon N_0 exp(-\,\varepsilon/kT) + 2\varepsilon N_0 exp\left(\frac{-2\varepsilon}{kT}\right) + 3N_0 exp\left(\frac{-3\varepsilon}{kT}\right) + - - - + r\varepsilon N_0 exp\left(\frac{-r\varepsilon}{kT}\right) + - - -$$

$$E = N_0 \varepsilon exp\left(\frac{-\varepsilon}{kT}\right)\left(1 - 2exp\left(\frac{-\varepsilon}{kT}\right)\right) + 3exp\left(\frac{-\varepsilon}{kT}\right) + --- +$$

$$r \exp\left(1 - \left(\frac{(r-1)\varepsilon}{kT}\right)\right) + --)$$

$$E = N_0 \varepsilon \; exp\left(\frac{-\varepsilon}{kT}\right)\left[\frac{1}{1-exp\left(\frac{-\varepsilon}{kT}\right)}\right]^2 ----(17.19)$$

$$\because \left(1 + 2x + 3x + ---rx^{r-1} = \left(\frac{1}{1-x^2}\right)\right)$$

لہذا اہتزازیہ کی اوسط توانائی ہو گی

$$\bar{\varepsilon} = \frac{E}{N} = \frac{N_0 \varepsilon \; exp\left(\frac{-\varepsilon}{kT}\right)\left[\frac{1}{1-exp\left(\frac{-\varepsilon}{kT}\right)}\right]^2}{N0/1-exp\left(\frac{e}{kT}\right)}$$

$$= \varepsilon \frac{exp\left(\frac{-\varepsilon}{kT}\right)}{1-exp\left(-\frac{\varepsilon}{kT}\right)}$$

$$= \frac{\varepsilon}{exp\left(\frac{\varepsilon}{kT}-1\right)}$$

$$= \frac{h\nu}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}-1\right)} = \frac{h\nu}{\left(e^{\frac{h\nu}{kT}}-1\right)} \quad -------(17.20)$$

اس طرح ہم مشاہدہ کر سکتے ہیں کہ آسی لیٹر (اہتزازیہ) کی اوسط توانائی جو مساوات (17.20) سے ظاہر کی جاتی ہے وہ کلاسیکل آسی لیٹر کی توانائی kT سے مختلف ہے۔

پلانک کا فارمولہ (Plank's Formula):

ہم جانتے ہیں کہ تعدد رینج ν اور $\nu + d\nu$ کے درمیان آسی لیشن کی تعداد فی اکائی حجم

$$f = \frac{8\pi\nu^2}{C^3} d\nu ------(17.21)$$

مساوات (17.20) کو مساوات (17.21) سے ضرب دینے پر ہمیں مجموعی توانائی فی اکائی حجم $d\nu$ کے رینج میں یا کثافت توانائی رینج $d\nu$ میں حاصل ہوتی ہے۔

$$E\nu d\nu = \frac{8\pi\nu^2}{C^3} d\nu x \frac{h\nu}{\left(exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right)-1\right)}$$

$$E\nu d\nu = \frac{8\pi\nu^3}{C^3} d\nu x \frac{h\nu}{\left(exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right)-1\right)} \text{--------}(17.22)$$

مساوات(17.22)پلانک کا اشعاعی کلیہ کہلاتی ہے۔

اس کلیہ کو طول موج λ کی رقوم میں ظاہر کرنے پر

$$\because \nu = \frac{c}{\lambda}$$

تفریق لینے پر

$$d\nu = \left|-\frac{c}{\lambda^2}\right| d\lambda = \left|\frac{c}{\lambda^2}\right| d\lambda$$

$$E_\lambda d_\lambda = \frac{8\pi hc^3}{C^3\lambda^3} \frac{1}{exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}-1\right)} \left(\frac{d}{\lambda_2}\right) d_\lambda$$

$$E_\lambda d_\lambda = \frac{8\pi hc}{C^3} \frac{1}{exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}-1\right)} d_\lambda \text{-------}(17.23)$$

یہ مساوات تجرباتی طور پر حاصل تمام منحینیوں کے لیے تمام طول موج کے لیے صحیح پائی گئی۔

اس مساوات کی صداقت ذیل کے تجربات کلیات سے جانچی جاسکتی ہے۔

1. وین کا کلیہ کم تر طول موج کے لیے
2. ریلے۔جینز کا کلیہ طول موج کے لیے
3. وین کا ڈسپلیسمنٹ کا کلیہ
4. اسٹیفن بولٹز من کا کلیہ (مجموعی اشعاع کے لیے)

17.5 پلانک کے کلیہ سے مختلف کلیات کا اخذ کرنا(Different Laws from Plank's Radiation Law)

پلانک کے کلیہ سے ہم مختلف کلیات اخذ کرسکتے ہیں۔

1. وین کا کلیہ(Wein's Law)

اگر طول موج λ کم تر ہو تب $e^{\frac{hc}{\lambda kT}} \gg 1$ تب پلانک کے کلیہ مساوات(10) کو نظر انداز کرنے پر

$$E_\lambda d_\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{exp\left(\frac{h\nu}{\lambda kT}\right)} d_\lambda$$

$$E_\lambda d_\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} e^{\frac{-hc}{\lambda kT}} d_\lambda \text{ ----------}(17.24)$$

مساوات(1) میں $A = 8\pi hc$ اور $B = \frac{hc}{k}$ درج کرنے پر

$$E_\lambda d_\lambda = \frac{A}{\lambda^5} e \frac{-B}{\lambda T} d_\lambda \text{------}(17.25)$$

یہ وین کا کلیہ ہے جو تجرباتی طور پر کم طول موج پر صحیح ثابت ہوا۔

2. ریلے۔جینز کا کلیہ(Rayligh – Jean's Law)

طویل طول موج کے لیے جب λ کی قیمت زیادہ ہو $\frac{hc}{\lambda kT}$ کی قیمت بہت چھوٹی ہو گی اور اس کا پھیلاؤ ہو گا۔

$$e \frac{hc}{\lambda kT} = 1 + \frac{hc}{\lambda kT} + \frac{h^2c^2}{\lambda^2 k^2 T^2} + \cdots$$

بڑی قوتوں کو نظر انداز کرنے پر

$$e \frac{hc}{\lambda kT} = 1 + \frac{hc}{\lambda kT}$$

لہٰذا

$$E_\lambda d_\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{d_\lambda}{\left(1+\frac{h\nu}{\lambda kT}-1\right)}$$

$$E_\lambda d_\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5}\frac{\lambda kT}{hc} d\lambda = \frac{8\pi}{\lambda^4} kTd\lambda \text{------}(17.26)$$

یہ ریلے۔جینز کا کلیہ ہے جو طویل طول ممو ج کے لیے صحیح ہے۔

3. وین ڈسپلیسمنٹ کلیہ(Wien Displacement Law)

پلانک کا اشعائی کلیہ ہے۔

$$E_\lambda d_\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{d_\lambda}{\left(1+\frac{h\nu}{\lambda kT}-1\right)}$$

$$E_\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{\left(e\frac{h\nu}{\lambda kT}-1\right)}$$

$$E_\lambda = A\lambda^{-5}\left(e\frac{hc}{\lambda kt} - 1\right)^{-1} \text{------}(17.27)$$

جہاں

$$A = 8\pi hc$$

وہ طول موج جس پر طیفی ریڈیئیشن اعظم ترین ہوتا ہے معلوم کرنے کے لیے مساوات (17.27) کا بلحاظ λ تفرق لینے پر اور صفر کے مساوی کرنے پر یعنی $\left(\frac{dE_\lambda}{dt} = 0\right)$ درج کرنے پر

$$E_\lambda = A\left(\lambda^{-5}(-1)\left(e\frac{hc}{\lambda kT} - 1\right)\right)^{-2} e\frac{hc}{\lambda kT}\left(\frac{hc}{\lambda^2 kT}\right)(-5)\lambda^{-6}\left(e\frac{hc}{\lambda kT} - 1\right)^{-1} = 0$$

$$\left(e\frac{hc}{\lambda kT} - 1\right)^{-1} e\frac{hc}{kT}\left(\frac{hc}{\lambda^2 kT}\right) = \frac{5}{\lambda}$$

$$\frac{hc}{\lambda kT}\frac{e^{\frac{hc}{kT}}}{\left(e^{\frac{hc}{\lambda kT}}-1\right)} = 5$$

$\frac{hc}{\lambda kT} = x$ درج کرنے پر

$$x\frac{e^{x}}{(e^{x-1})} = 5$$

$$\frac{x}{1-e^{-x}} = 5$$

$$\frac{x}{5} + e^{-x} = 1 \text{--------}(17.28)$$

اس مساوات کے دو جز ضربی ہیں $x = 0$ اور $x = 0, x = 4.955$ نظر انداز کرنے پر

$$x = \frac{hc}{\lambda kT} = 4.955$$

لہٰذا طول موج λm جس پر طیفی اشعاع فی اکائی طول موج رینج اعظم ترین ہوگی۔

فرض کیجئے $\lambda mT = \frac{hc}{4.995k} = (b)$

$$\lambda mT = b$$

یہ وین کا ڈسپلسیمنٹ کلیہ ہے۔

4. اسٹیفن کا کلیہ (Stefan's Law)

ہم جانتے ہیں کہ پلانک کی مساوات تعدد کی صورت میں ہوگی۔

$$E\nu d\nu = \frac{8\pi h\nu^{3}}{c^{3}}\frac{d\nu}{exp\left(\frac{h\nu}{kT}-1\right)}$$

طیفی اور اشعاع اور کثافت توانائی $E\nu$ کے درمیان رشتہ ہوگا۔

$$(E\nu)_{\text{طیفی}} == \frac{c}{4}E\nu \quad \text{یا}$$

$$(E\nu)_{\text{طیفی}} = \frac{c}{4}\frac{8\pi h\nu^{3}}{c^{3}}\frac{d\nu}{\left(exp\left(\frac{h\nu}{kT}-1\right)\right)}$$

تمام تعدد کی وجہ سے مجموعی اشعاعی توانائی ہوگی۔

$$(E\nu)_{\text{طیفی}} = \frac{2\pi h\nu^{3}}{c^{2}}\frac{d\nu}{\left(exp\left(\frac{h\nu}{kT}-1\right)\right)}$$

لہٰذا تمام تعدد کی وجہ سے مجموعی اشعاعی توانائی ہوگی۔

$$E\int_0^\infty (E\nu)\ \text{طیفی}^{dN} = \frac{2\pi h}{c^2}\int_0^\infty \frac{\nu^3 d\nu}{\left(exp\frac{h\nu}{kT}-1\right)}$$

اس تکمیلہ کو حل کرنے کے لیے فرض کیجئے کہ $x = \frac{h\nu}{kT}$ یا $\nu = \frac{kTx}{h}$ اور $d\nu = \frac{kT}{x}dx$ ان قیمتوں کو تکملہ میں درج کرنے پر

$$E = \frac{2\pi(kT)^4}{h^3c^3}\int_0^\infty \frac{x^3dx}{e^x-1}$$

$$\left[\because \int_0^\infty \frac{x^3dx}{e^x-1}dx = \frac{\Pi^4}{15}\right]$$

$$\frac{2\pi(kT)^4}{h^3c^3}\frac{\Pi^4}{15}$$

$$E = \frac{2\pi^5k^4T^4}{15h^3c^3}$$

$$E = \sigma T^4$$

یہ اسٹیفن کا کلیہ ہے جہاں $\sigma = \frac{2\pi^5k^4}{15h^3c^3}$

17.6 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

ایک کرہ کا نصف قطر 50m ہے اور تپش 3000k ہے اور اخراجیت 0.3 ہے تب کرہ سے اخراج کی شرح معلوم کیجئے۔

اسٹیفن کا مستقل $\sigma = 5.7\times10^{-8}wm^{-2}k^{-4}$

حل: ایک جسم سے مجموعی توانائی کا اخراج فی سکنڈ

$$E = e\sigma T^4A$$

دیا گیا ہے کہ $r = 5cm = 0.05m$, $e = 0.3$, کرہ کا سطح رقبہ $= 4\Pi r^2$

$$= 4\times\frac{22}{7}\times(0.05)^2$$

$$T = 3000k\ E = ?$$

$$E = e\sigma T^4A$$

$$= 0.3\times5.7\times10^{-8}\times4\times\frac{22}{7}(0.05)^2\times(3000)^4$$

$$E = 43280J$$

اشعاع کی شرح $= 43280\ Watt$

حل شدہ مثال2

ایک ستارے کی تابانی(Luminousity)سورج کی دمک سے 20000 گنا زیادہ ہے اگر سورج کی سطح کی تپش 6000k ہو تو ستارے کی سطح کی تپش محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ:

E_1 سورج کی دمک تابانی

E_2 ستارے کی دمک یا تابانی $= 20000E_1$ یا $\frac{E_2}{E_1} = 20000$

T_1 سورج کی تپش $= 6000k$

ستارے کی تپش $= T2 = ?$

ہم جانتے ہیں کہ $E = \sigma T^4$

$$E \alpha T^4$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{{T_1}^4}{{T_1}^4}$$

$$ {T_2}^4 = \frac{E_2}{E_1}{T_1}^4 \times (6000)^4 \times 20000$$

$$ {T_2}^4 = 2592 \times 10^{16}$$

$$T_2 = 84860k$$

حل شدہ مثال3

ایک ٹھوس کی فریکوئنسی $2.49 \times 10^{12} HZ$ ہے تب اس کی آئین اسٹائین تپش محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ $h = 6.64 \times 10^{-34} Js$ اور $K = 1.38 \times 10^{-23} JK^{-1}$

آئین اسٹائین تپش کی مساوات ہے۔

$$T_E = \frac{hv}{k}$$

$$T_E = \frac{6.63\times10^{-34}\times2.39\times10^{12}}{k1.38\times10^{-23}} = \frac{16.508}{1.36} \times 10^{35} \times 10^{-34}$$

$$T_E = 119.6K$$

حل شدہ مثال4

ایک اہتزازیہ کا تعدد 5.6×10^{12} ہے اور تپش 330k ہے اسے ایک (1) کلاسیکل اہتزازیہ اور (2) پلانک کا اہتزازیہ ہوئے اوسط توانائی معلوم کیجئے۔

دیا گیا ہے کہ $h = 6.62 \times 10^{-34} JS$ اور $k = 1.38 \times 10^{-23} JK - 1$

حل: ایک کلاسیکل اہتزازیہ کی توانائی

$$E = kT$$

$$E = 1.23 \times 10^{-23} \times 330$$

$$E = 4.554 \times 10^{-21}$$

ایک پلانک اہتزازیہ کی اوسط توانائی

$$E = \frac{hv}{e^{hv/kT-1}}$$

$$= 6.62 \times 10^{-34} \times 5.6 \times 10^{12}$$

$$exp\left(\frac{6.62\times10^{-34}\times5.6\times10^{12}}{1.38\times10^{-23}\times33} - 1\right)$$

حل کرنے پر $E = 2.94 \times 10^{-21} J$

حل شدہ مثال5

ایک سیاہ جسم اہتزازیہ جو ایک مکعب کی شکل میں ہے اس کے ارتعاش کے طرز کی تعداد فی اکائی حجم $4995A^0$ اور $5005A^0$ طول موج کے درمیان معلوم کیجئے۔

حل: ایک سیاہ جسم میں اہتزازیہ کے طرز کی تعداد ایک طول موج کے رینج میں ریلے جینز کے کلیہ سے معلوم کی جاتی ہے۔ یہ جو مساوی ہے۔

$$= \frac{8\pi d\lambda}{\lambda^4}$$

دیا گیا ہے کہ $\lambda = \frac{5005+4995}{2} = 5000A^0 = 5 \times 10^{-7} m$

$$d\lambda = 5005 - 4995 = 10A^0 = 10^{-9} m$$

اہتزازیہ کے طرز کی تعداد $= \frac{8\times3.14\times10^{-9}}{(5\times10^{-7})4} = \frac{25.12}{625\times10^{-28}} \times 10^{-9}$

$$= \frac{25.12}{625} \times 10^{28} \times 10^{-9}$$

$$= 4.01 \times 10$$

17.7 اکتسابی نتائج(Learning Outcomes)

- ایک سیاہ جسم سے توانائی کی تقسیم کو بیان کرنے کے لیے مختلف طبیعیات دانوں نے مختلف کلیات پیش کیے۔
- پلانک کے کلیہ کے مطابق ایک جسم سے اشعاع کا اخراج توانائی کی اکائی $h\nu$ کا جز ضربی ہوتا ہے۔ اس توانائی کی اکائی کی قدر یہ (کوانٹم) کہتے ہیں۔
- کاسیکل طبیعیات طبیعی مظاہر جیسے ضیائی برقی اثر، کامپٹن اثر وغیرہ کی توضیح نہیں کر سکی۔
- پلانک کے کلیہ کے ذریعہ آئین اسٹائن نے ضیائی برقی اثر، حرارت نوعی، کامپٹن نے x-ray کے بکھراؤ اور بوہر نے جوہر کی ساخت کی کامیابی سے توضیح کی۔
- بلند تپش کی پیمائش کے لیے پائیرومیٹر ستعمال کیے جاتے ہیں۔ جس میں وین کا ڈسپلیسمنٹ کلیہ یا پلانک کا کلیہ استعمال کر کے اجسام کی بلند تپش کی پیمائش کی جاتی ہے۔

17.8 کلیدی الفاظ(Keywords)

- (بو+لو+میٹر)(Bolometer:اشعاع پیما۔ جو کسی جسم پر واقع ہونے والی برقی مقناطیسی اشعاع کی طاقت کی پیمائش کرتا ہے۔
- (نا+ئی+کو+ل+منشور)(Nicol Prism): ایک ایسا مناظری آلہ جو تقطیب گر کا کام کرتا ہے۔ یہ اس سے گزرنے والی نور کی موجوں کو دو اجزاء میں تقسیم کرتا ہے ایک معمولی شعاع اور ایک غیر معمولی شعاع۔
- (ذی+نتھ)Zenith: زمین پر کسی خاص مقام کے راست اوپر (عمودوار) خیالی نقطہ۔
- (فلو+رو+اسپار)Flurite:Flurospar کی ایک معدنی شکل یہ uv اور IR کو جذب نہیں کرتا۔

17.9 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

17.9.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. انجذابی طاقت اور اخراجی طاقت کی تعریف کیجیے۔
2. کامل سیاہ جسم سے کیا مراد ہے؟
3. کامل سیاہ جسم کی کوئی دو مثالیں دیجیے۔
4. 4سورج کی تپش محسوب کرنے کا ضابطہ بیان کیجیے۔
5. برقی مقناطیسی اشعاع کا اخراج

(a) ہر جسم پر تپش پر کرتا ہے　　(b) ہر جسم 0^0C پر کرتا ہے

(c) ہر جسم 100^0C پر کرتا ہے (d) ہر جسم صفر مطلق پر کرتا ہے

6. ایک کامل سیاہ جسم کی تپش میں دو گنا اضافہ کا ی جائے تب اشعاعی اخراجی توانائی فی اکائی رقبہ میں کتنے گنا اضافہ ہو گا۔

(a) دو گنا (b) چار گنا

(c) آٹھ گنا (d) سولہ گنا

7. تپش 6000k کی پیمائش کے لیے کون سا آلہ استعمال کیا جاتا ہے۔

(a) بولومیٹر (b) ہیلیم گیس تھرمامیٹر

(c) پائیرومیٹر (d) پلیٹینم مزاحمت تھرمامیٹر

8. سرخ شیشے کو اتنا گرم کیا جائے کہ وہ سرخ ہو جائے تب یہ کیسا نظر آئے گا۔

(a) سبز (b) سفید

(c) سفید (d) Invisible

17.9.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. ایک جسم سے ریڈیئیشن اور تپش کو جوڑنے والے کلیات بیان کیجئے۔
2. پلانک کا کلیہ سے ریلے جینزے کو کلیہ کو اخذ کیجئے۔
3. پلانک کے کلیہ سے اسٹیفن کے کلیہ کو اخذ کیجئے۔

17.9.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. ایک سیاہ جسم کے اہم خدوخال بیان کیجئے۔ وین کے نقل مکانی کلیہ کو بیان کیجئے اور اخذ کیجئے۔
2. پلانک کے مفروضات بیان کیجئے اور پلانک کے کلیہ کو اخذ کیجئے۔
3. پلانک کے کلیہ سے حسب ذیل کلیات اخذ کیجئے۔ (1) وین کا فارمولہ (2) ریلے جینز کا کیہ (3) وین کا نقل مکانی کلیہ (4) اسٹیفن کا کلیہ۔
4. سیاہ جسم سے اشعاع کے دین کے کلیہ اور ریلے جینز کے کلیات کے اہم خدوخال بیان کیجئے۔ ان کلیات میں جو خامیاں تھیں انہیں پلانک نے کس طرح دور کیا؟ وضاحت کیجئے۔

17.9.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. وین کا نقل مکانی کلیہ استعمال کرتے ہوئے سورج کی تپش محسوب کیجئے دیا گیا ہے کہ

$b = 0.2898cmk$ اور $\lambda_m = 4900A^0$ (جواب: 5898k)

2. وہ تپش معلوم کیجئے جس پر ایک سیاہ جسم کی نقصان توانائی کی شرح $1w/cm^2$ ہے۔

دیا گیا ہے کہ $\sigma = 5.6 \times 10^{-8}\, w/m^2k^4$ (جواب:650k)

3. ایک جوہری دھماکہ میں حاصل کردہ اعظم تپش 10^7K ہے تب اعظم توانائی کا طول موج محسوب کیجئے۔

دیا گیا ہے کہ $b = 0.2898cmk$ (جواب:$2.89A^0$)

4. ایک لوہے کی بھٹی سے فی گھنٹہ 1.53×10^6 کیلوری کا اشعاع ایک شگاف کے ذریعہ عمل میں آتا ہے۔ جس کا تراش عمودی کا رقبہ $10^{-4}m^2$ ہے۔ اگر بھٹی کی اضافی اخراجیت (e) کی قیمت 0.8 ہے تو بھٹی کی تپش محسوب کیجئے دیا گیا ہے کہ

$\sigma = 5.6 \times 10^{-8}mks$ (جواب:2500k)

17.10 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th}& 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

اکائی 18۔ حراری اشعاع کی پیمائش

(Measurements of Thermal Radiation)

اکائی کے اجزا

18.0 تمہید

18.1 مقاصد

18.2 حراری اشعاع کی پیمائش

18.3 ڈس اپیرینگ فلیمنٹ آپٹیکل پائیرومیٹر

18.4 تقطیبی آتش پیما

18.5 شمس مستقل

18.6 آنگسٹروم کا دھوپ پیما

18.7 شمسی تپش

18.8 حل شدہ مثالیں

18.9 اکتسابی نتائج

18.10 کلیدی الفاظ

18.11 نمونہ امتحانی سوالات

18.11.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات

18.11.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات

18.11.3 طویل جوابات کے حامل سوالات

18.11.4 غیر حل شدہ سوالات

18.12 تجویز کردہ اکتسابی مواد

18.0 تمہید (Introduction)

تھرمل ریڈی ایشن کی خصوصیات اس سطح کی مختلف خصوصیات پر منحصر ہوتی ہیں جہاں سے یہ نکل رہی ہے، بشمول اس کا درجہ حرارت، اس کی شعاعی اخراج، جیسا کہ کرچوف کے قانون سے ظاہر ہوتا ہے۔ تابکاری یک رنگی نہیں ہے، یعنی یہ صرف ایک فریکوئنسی پر مشتمل نہیں ہے، بلکہ اس میں فوٹان توانائیوں کا ایک مسلسل طیف، اس کی خصوصیت کا سپیکٹرم شامل ہے۔ اگر شعاع کرنے والا جسم اور اس کی سطح تھرموڈینامک توازن میں ہے اور سطح تمام طول موج پر کامل جذب رکھتی ہے، تو اسے سیاہ جسم کے طور پر نمایاں کیا جاتا ہے۔ ایک سیاہ جسم بھی ایک کامل emitter ہے۔ ایسے کامل ایمیٹرز کی تابکاری کو بلیک باڈی ریڈی ایشن کہا جاتا ہے۔ بلیک باڈی کے مقابلے میں کسی بھی جسم کے اخراج کا تناسب جسم کی اخراج ہے، تاکہ ایک سیاہ جسم میں اتحاد (یعنی ایک) کا اخراج ہوتا ہے۔

وہ تمام اجسام جن کی تپش صفر مطلق سے زائد ہو برقی مقناطیسی موجوں کی شکل میں حرارت کا اخراج کرتی ہیں اسے تھرمل ریڈیئشن کہتے ہیں۔ کم تپش سے معتدل تپش کی پیائش کا طریقہ ہم پچھلی جماعتوں میں پڑھ چکے ہیں اب ہم بلند تپش کی پیائش کے طریقوں کا مطالعہ کریں گے۔

18.1 مقاصد (Objectives)

اس اکائی میں ہم:

- حراری اشعاع کی پیائش کے بارے میں معلومات حاصل کریں گے۔
- او جھل فلیمنٹ مناظری آتش پیما کی وضاحت کریں گے۔
- تقطیبی آتش پیما پر بھی بحث کریں گے۔
- شمس مستقلکی تعریف کریں گے۔
- آنگسٹروم کا دھوپ پیما کی وضاحت کریں گے۔
- شمسی تپشکی وضاحت کریں گے۔

18.2 حراری اشعاع کی پیائش (Measurements of Thermal Radiation)

بلند تپش کی پیائش کے لیے جو آلات استعمال کیے جاتے ہیں انہیں آتش پیما (پائی رومیٹر) Pyrometer کہتے ہیں۔ وہ پائیرومیٹر جو ڑیڈیئیشن کے اصول پر کام کرتے ہیں ریڈیئیشن پائیرومیٹر کہلاتے ہیں۔ ایک سیاہ جسم سے ریڈئیشن کا اخراج صرف اس جسم کی تپش پر منحصر ہوتا ہے اس لیے ریڈیئیشن کے طریقے سے بلند تپش کی پیائش بہ آسانی کی جاسکتی ہے۔ ریڈئیشن پائیرومیٹر کی دو اقسام ہیں:

1. مجموعی اشعاع پائیرو میٹر (Total Radiation Pyrometer)

ایک سیاہ جسم جس کی تپش کی پیمائش درکار ہو اس کی مجموعی ریڈیئیشن کے طریقے سے تپش کی پیمائش کرنے والا آلہ مجموعی ریڈیئیشن پائیرو میٹر کہلاتا ہے۔ اس آلہ میں تپش کی پیمائش کے لیے اسٹیفن کا کلیہ استعمال کیا جاتا ہے۔

2. مناظری یا طیفی پائیرو میٹر (Optical or Spectral Pyrometer)

مناظری پائیرو میٹر کے ذریعہ ایک مخصوص طول موج کے ریڈیئیشن کی حدت کا تقابل ایک اسی طول موج کی ریڈیئیشن سے کیا جاتا ہے جو ایک معیاری جسم معلوم تپش پر خارج کرتا ہے۔ جس کی تپش کی پیمائش وین ڈسپلیسمنٹ کے کلیہ یا پلانک کے کلیہ کے ذریعہ کی جاتی ہے۔

فوائد (Advantages):

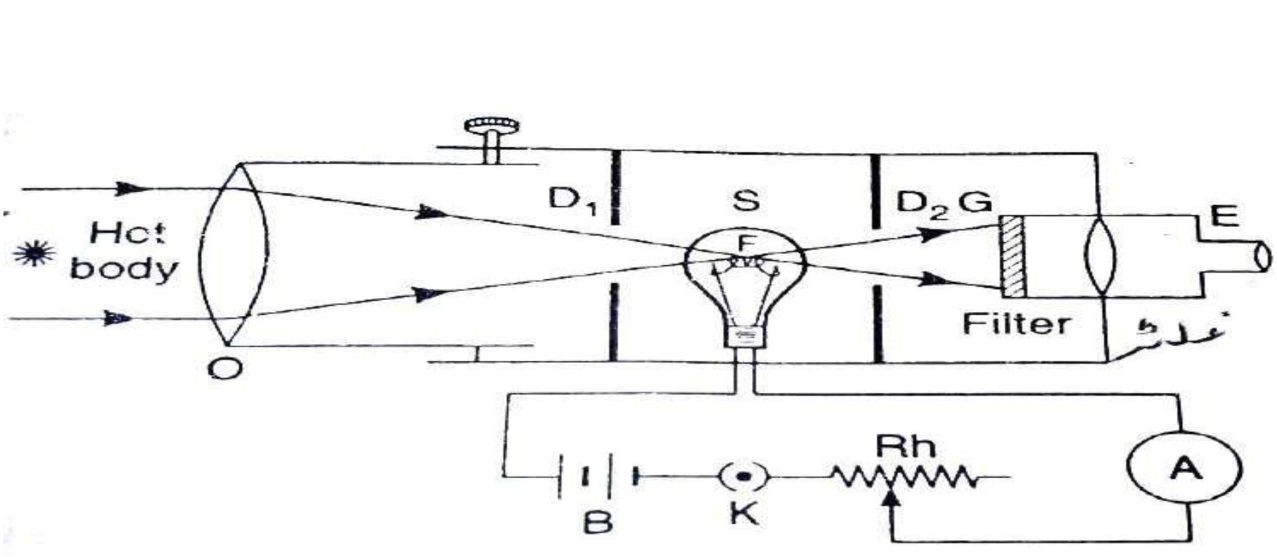
a. اس پائیرو میٹر کے ذریعہ اس گرم جسم کی تپش بھی معلوم کی جاسکتی ہے جو پہونچ سے باہر ہو۔
b. انہیں گرم جسم سے تماس میں لانے کی ضرورت نہیں اور نہ ہی ان کی تپش گرم جسم کی تپش تک بڑھانے ہوتی ہے۔
c. اس میں قیاس آرائی کی ضرورت نہیں کیونکہ اشعاعی کلیات پر تپش پر قابل قبول ہوتے ہیں۔

نقصانات (Disadvantages):

a. ان کی تپش حد 6000^0C سے شروع ہوتی ہے لہٰذا اس سے کم تپش کی پیمائش ممکن نہیں۔
b. ان پائیرو میٹر سے پیمائش کردہ تپش حقیقی تپش سے کم ہوتی ہے کیونکہ اس میں اشاعی کلیات کو استعمال کیا جاتا ہے اور ان کلیات سے صرف سیاہ جسم کی پیمائش درست طور پر معلوم کی جاسکتی ہے اس لیے یہ صرف سیاہ جسم کی پیمائش ٹھیک کرسکتے ہیں۔

18.3 ڈس اپیرینگ فلیمنٹ آپٹیکل پائیرو میٹر (Disappearing Filament Optical Pyrometer)

اس پائیرو میٹر کو سب سے پہلے Morse نے ڈیزائن کیا بعد میں Holborn اور Kurlbaun نے اس اصلاح کی۔ یہ پائیرو میٹر ایک دوربین پر مشتمل ہوتا ہے جس کے ایک سرے پر دہانہ Objective, O ترتیب دیا جاتا ہے اور دوسرے سرے پر چشمہ E ترتیب دیا جاتا ہے۔ دہانے اور چشمہ کے درمیان کا فاصلہ Rack اور Pinion طریقے سے کم زیادہ کیا جاسکتا ہے۔ جیسا کہ شکل (18.1) میں دکھایا گیا ہے دوربین کے کراس وائر کو برقی بلب S سے بدل دیا جاتا ہے۔ لیب کے فیلمنٹ F کو ایک بیاٹری B سے ایک مزاحمت کو R_h اور ایک ایم پیما A سے ہم سلسلہ جوڑ دیا جاتا ہے۔ بلب کے فیلمنٹ کو برقی رو سے گرم کیا جاتا ہے۔ اور دور میں موجود برقی رو کو تبدیل کرکے اس کی تپش میں تبدیلی کی جاتی ہے اور برقی رو کی پیمائش ایم پیما کے ذریعہ کی جاتی ہے۔ D_1 اور D_2 دو ڈیافرام (Diaphragms) ہیں جو اشعاعی مخروطی شعاعوں کے دوربین میں داخلے کو محدود کرتے ہیں چشمہ E کے سامنے ایک سرخ شیشے کا فلٹر G ترتیب دیا جاتا ہے۔



شکل(18.1)

کام کرنے کا اصول(Principles of Working)

پائیرو میٹر کے دہانے کا رخ جسم کی جانب کیا جاتا ہے جس کی تپش کی پیائش کرتا ہو۔ pinاور Rackion طریقے سے دہانے کی وضع (پوزیشن) اس طرح ترتیب دی جاتی ہے کہ گرم جسم کا خیال (امیج) فلیمنٹ F پر فوکس رہے اس خیال کا مشاہدہ چشمہ E سے کیا جاتا ہے۔ جو سرخ شیشے کے فلٹر G پر فٹ ہوتا ہے۔ فلیمنٹ کا امیج پس منظر میں سرخ روشنی پر متراکب (Super imposed) ہوتا ہے جو دشمہ کے مناظری میدان (Field of view) میں نظر آتا ہے۔ اب برقی رو گزار کر فلیمنٹ کو گرم کیا جاتا ہے۔ فلیمنٹ سے اتنی برقی رو گزاری جاتی ہے کہ پس منظر میں فلیمنٹ نظروں سے اوجھل (Disappear) ہو جائے۔ ایم پیا سے اس برقی رو کی پیائش کی جاتی ہے چونکہ امیج اور فلیمنٹ دونوں ہی یکساں روشن ہیں دونوں ہی یکساں توانائی کی مقدار فی اکائی رقبہ فی اکائی سکنڈ خارج کرتے ہیں اس لیے دونوں کی تپش بھی ایک ہی ہوتی ہے۔

تپش کی پیائش (Measurement of Temprature)

فلیمنٹ کی تپش T (یا گرم جس کی نامعلوم تپش) ذیل کے ضابطہ سے معلوم کی جاتی ہے۔

$$I = a + bT + CT^2$$

جہاں I دور میں برقی دور کی مقدار b, aاور c مستقل ہیں۔ ان مستقل کی قیمت آلہ کی معلوم تپش کے ساتھ پیمانہ بندی (Calibration) کر کے حسب ذیل طریقوں سے معلوم کی جاتی ہے۔

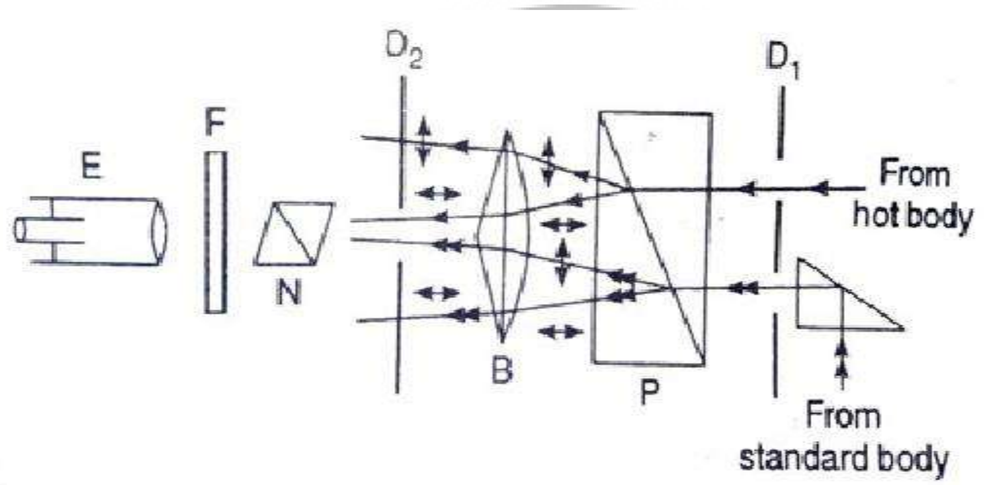
کئی اجسام کو استعمال کرتے ہوئے جن کی تپش صحیح طور پر معلوم ہوں متعلقہ ایم پیا کے مشاہدات نوٹ کر لیے جاتے ہیں جب کہ فلیمنٹ نظروں سے اوجھل ہو۔ اوپر کی مساوات کو استعمال کرتے ہوئے اور کسی تین مشاہدات کے لیے اسے حل کرتے ہوئے

b,aاور c کی قیمتیں معلوم کی جاتی ہیں۔ یہ آلہ 600^0C سے 1500^0C تک تپش کی پیائش کے لیے موزوں ہے۔ اس آلہ میں ترمیم کر کے اس کی صلاحیت کو 2700^0C تک بڑھایا جاسکتا ہے۔

18.4 تقطیبی پائیرو میٹر (Polarizing Pyrometer)

اس مناظری پائیرو میٹر کو Wanner نے ڈیزائن کیا جسے شکل (18.2) میں دکھایا گیا ہے۔

ایک گرم جسم سے جس کی تپش کی پیائش مقصود ہا ایک ریڈیئیشن بیم ڈیافرام D_1 سے گزار کر کیلسائیٹ کے منشور P واقع کی جاتی ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ کیلسائٹ دوہری انعطافی قلم ہوتی ہے۔ جو شعاع و قوع کو دو مستوی تقطیب (Plane Polarised) ترکیبی جز (Component) میں تقسیم کر دیتی ہے۔ جو مستوی میں ایک دوسرے کے عمودوار ہوتے ہیں ان دو اجزا کو شکل میں عمودی اور افقی تیروں کے نشان سے ظاہر کیا گیا۔



شکل (18.2)

ان دو اجزاء کو دوہری سطح کے منشور B(Biprism) سے گزارا جاتا ہے۔ دوہرا منشور ان شعاعوں کو اس طرح منخرف کرتا ہے کہ صرف افقی جز ڈیافرام D_2 سے گزرتا ہے۔ جب کہ عمودی جز روک لیا جاتا ہے۔ اس طرح ایک اشعاعی بیم ایک معیاری جسم سے اسی انداز میں گزاری جاتی ہے اس عمل میں شکل سے ظاہر ہے کہ اس بار عمودی جز ڈیافرام D_2 سے گزرتا ہے اور افقی جز روک لیا جاتا ہے اس طرح دو ایک دوسرے کے عمودوار تقطیب شدہ جز نکول منشور N(Nicol Prism) سے گزارے جاتے ہیں اور اس کے بعد یہ ایک سرخ فلٹر F سے گزرتے ہیں چشمہ E سے مشاہدہ کرنے پر نور کے دو نیم دائروی پیوند (Patches) ایک دوسرے کے بازو نظر آتے ہیں۔

تپش کی پیائش(Calculation of Temperature):

نامعلوم تپش ذیل کے ضابطہ سے معلوم کی جاتی ہے۔

$$\log \tan \theta = a + \frac{b}{T}$$

جہاں a اور b مستقل ہیں جن کی قیمتیں معلوم تپش کے ساتھ پیمانہ بندی کر کے کی جاتی ہے۔ اور θ میٹر کے ذریعہ θ کی قیمت معلوم کر کے نامعلوم T کی قیمت معلوم کی جاتی ہے۔

ضابطہ اخذ کرنا(Derivation of Formula):

فرض کیجئے گرم جسم میں جس کی تپش کی پیائش خصوصاً اس کے سرخ روشن رنگ کی حدت E_λ ہے اور اسی رنگ کے اشعاع کی حدت سے جو میعاری جسم خارج کرتا ہے اس کی حد S_λ ہے تب

$$\frac{E_\lambda}{S_\lambda} = \tan^2 \theta \text{-----}(18.1)$$

اب میعاری جسم وہی رکھتے ہوئے تجربے کو دوسرے جسم کے ساتھ دوہرا لیا جاتا ہے۔ جس کی تپش T ہے۔ فرض کیجئے کہ اس صورت میں نکول منشور کا گردشی زاویہ θ ہے تب۔

$$\frac{E_\lambda}{S_\lambda} = \tan^2 \theta \text{-------}(18.2)$$

جہاں E_λ دوسرے جسم سے خارج کردہ اشعاع کی حدت ہے۔

مساوات (18.1) اور (18.2) سے

$$\frac{E_\lambda}{E_{\lambda'}} = \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \theta\prime} \text{-------}(18.3)$$

وین کے تقسیمی کلیہ کے مطابق:

$$E_\lambda = C_1 \lambda^{-5} e^{-e2/\lambda T} \text{-------}(18.4)$$

$$E_\lambda{}' = C_1 e^{-e2/\lambda T\prime} \text{-------}(18.5)$$

جہاں C_1 اور C_2 مستقل ہیں۔

مساوات (18.4) اور (18.5) سے

$$\frac{E_\lambda}{E_{\lambda'}} = e^{-e2/\lambda\left(\frac{1}{T'}\frac{1}{T}\right)} \text{-------}(18.6)$$

مساوات (18.3) اور (18.6) کا تقابل کرنے پر

$$\frac{\tan \theta^2}{\tan\prime \theta^2} = e^{-e2/\lambda\left(\frac{1}{T'}\frac{1}{T}\right)}$$

دونوں طرف log لینے پر

$$\log[\tan^2\theta \tan^{2'}\theta] = \frac{C_2}{\lambda}\left(\frac{1}{T}, \frac{1}{T}\right)$$

$$2\log[\tan\theta \tan'\theta] = \frac{C_2}{\lambda}\left(\frac{1}{T}, \frac{1}{T}\right)$$

اس مساوات اور مساوات $\log\tan\theta = a + b/T$ میں مماثلت ہے جہاں a اور b آلے کی مستقل ہیں جن کی پیائش معلوم تپش کے ساتھ پیمانہ بندی کرکے کی جاتی ہے اس طرح θ کی پیائش کرکے T پیائش کی جاتی ہے۔

18.5 شمسی مستقل (Solar Constant)

سورج اپنی بلند تپش کی وجہ سے ہر سمت میں توانائی کا اشعاع کرتا ہے۔ زمین سورج سے اس کی مجموعی توانائی کا صرف ایک کمترین حصہ (Fraction) ہی حاصل کرتی ہے۔ سورج سے آنے والی اشعاع کا ایک قابل لحاظ حصہ زمین کی فضا میں انعکاس اور بکھراؤ (Scattering) کی وجہ سے ضائع ہوجاتا ہے اس کے علاوہ زمین کی فضا بھی سورج کی توانائی کا ایک قابل لحاظ حصہ اپنے اندر جذب کرلیتی ہے۔ اس اشعاع کا انحصار انجذاب، موقع محل، دن کے وقت، سال کے وقت، موسم اور سورج کی شعاعوں سے اس مقام کی سطح کا جھکاؤ (Tilt) وغیرہ پر ہوتا ہے۔ اس لیے زمین کا شمسی اشعاع کا حصول فی اکائی رقبہ سیاہ سطح جو سورج کی شعاعوں سے زاویہ قائمہ بناتی ہوں جب کہ وہ زمین کے اوسط فاصلہ پر واقع ہو، ایک مستقل مقدار ہے۔ اس مستقل مقدار کو شمسی مستقل کہتے ہیں۔

"وہ شرح جس سے ایک سیاہ سطح کا سورج کی توانائی کا حصول فی اکائی رقبہ جو سورج کی شعاعوں کے عمود دوار ہو اور جو سورج اور زمین کے درمیان زمینی فضا کی غیر موجودگی میں اوسط فاصلہ پر واقع ہو شمسی مستقل (Solar Constant) کہلاتا ہے۔ اس کی قیمت $\left(1340wm^{-2}\right.$ یا $\left.1.92 calcm^{-2}min^{-1}\right)$ ہے۔

18.6 Angstrom کا دھوپ پیما (Angstrom's Pryhelometer)

شمسی مستقل کی تخمین (Determination of Solar Constant)

شمسی مستقل کی تخمین کے لیے استعمال ہونے والا آلہ دھوپ پیما Pyrheliometer کہلاتا ہے۔ شکل (18.3) میں Angstrom کے دھوپ پیما کو دکھایا گیا ہے یہ دو یکساں پتلی سیاہ پٹیوں S_1 اور S_2 پر مشتمل ہوتا ہے ان پٹیوں کو اس طرح ترتیب دیا جاتا ہے کہ ایک پٹی سورج سے آزادانہ اشعاع حاصل کرتی ہے جب کہ دوسری پٹی کا سورج کی اشعاع سے ایک دوہری دیواری ڈھال H سے دفاع کیا جاتا ہے۔ یہ پٹیاں پلیٹینم یا Constant کی بنی ہوتی ہیں S_1 اور S_2 کو تانبے اور Constant کے حراری جفت کے دو جنکشن سے ایک پیما کے ہمراہ جوڑ دیا جاتا ہے پٹی S_2 کو برقی طور پر سرکٹ کے ذریعہ گرم کیا جاتا ہے جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔

کام کرنے کے اصول (Principles of Working)

جب S_1 اور S_2 یکساں تپش پر ہوتے ہیں تو روپیما میں کوئی انصراف نہیں ہوتا۔ جب S_1 پر سورج کی شعاعیں واقع ہوتی ہیں تو اس کی تپش میں اضافہ ہوتا ہے اور روپیما میں انصراف پیدا ہوتا ہے اب پٹی S_2 سے برقی رو گزاری جاتی ہے اور برقی رو کو اس طرح ترتیب دیا جاتا ہے کہ روپیما میں انصراف صفر ہو۔ یعنی S_1 اور S_2 کی تپش مساوی ہوتی ہیں یعنی دونوں پٹیوں کو جس شرح سے حرارت ایصال کی جاتی ہے وہ آپس میں مساوی ہوتی ہے۔ پٹی S_2 کو مہیا کی گئی حراری توانائی کو دور میں موجود برقی رو I اور تفاوت قوہ V کے ذریعہ محسوب کیا جاتا ہے۔ اگر A پٹی کی تراش عمودی کا رقبہ ہو اور 'a' شرح انجذاب ہو تب جذب کردہ توانائی یا سورج سے حاصل کردہ اشعاع فی منٹ فی مربع سنٹی میٹر ہو گا۔

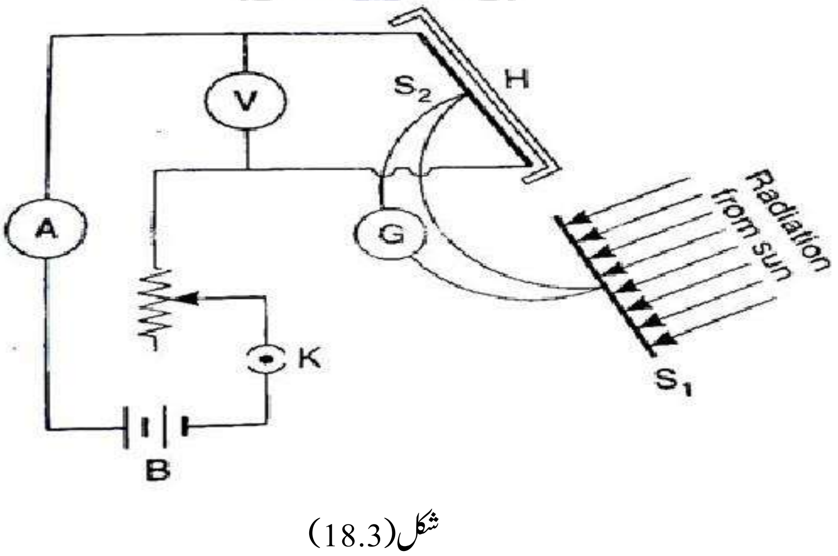
$$\frac{V\times I\times 60}{A\times a\times 4.2}$$

اس طرح شمس مستقل کی قیمت ہو گی

$$S=\left(\frac{V\times I\times 60}{A\times a\times 4.2}\right) calcm^{-2}min^{-1}$$

جہاں V وولٹ پیما اور I ایم پیما کے مشاہدات ہیں۔

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی



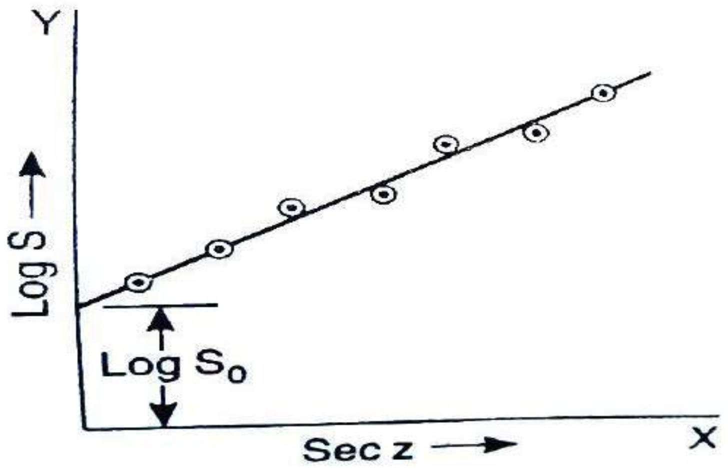
شکل (18.3)

اس تجربہ کو ایک ہی دن میں ایک ہی مقام پر آسمان کے نیچے مختلف بلندیوں پر دہرایا گیا اور تمام سال اس تجربے کو انجام دیتے ہوئے شمسی مستقل کی قیمت معلوم کی گئی۔ شمسی مستقل کی مشاہدہ کردہ قیمت S اور اس کی حقیقی قیمت S_0 کو ذیل کے رشتے سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

$$S=S_0\tau^{secz}$$

جہاں τ فضا کی ترسیلی شرح (Transmission Coefficient) اور Z سمت الراس (Zenith) سرج کا فاصلہ یا زاوئی ارتفاع ہے لوکارتم لینے پر

$$\log S = \log S_0 + secz \log \tau$$



شکل(18.4)

تجرباتی ڈاٹا سے ایک ترسیم log S(y محور پر) اور Sec Z(x محور) کے درمیان کھینچی جاتی ہے۔ یہ ترسیم ایک خط مستقیم ہوتی ہے جیسا کہ شکل(13) میں دکھایا گیا ہے۔ y محور پر خط مستقیم کے نقطہ تقاطع سے $\log S_0$ کی قیمت حاصل ہوتی ہے جس سے S_0 کی تخمین کی جاتی ہے ۔ اس سے S_0 کی قیمت $1340wm^{-2}$ یا $1.937calcm^{-2}$ یا $80400Jm^{-2}min^{-1}$ حاصل ہوتی ہے۔

18.7 شمسی تپش (Temperature of Sun)

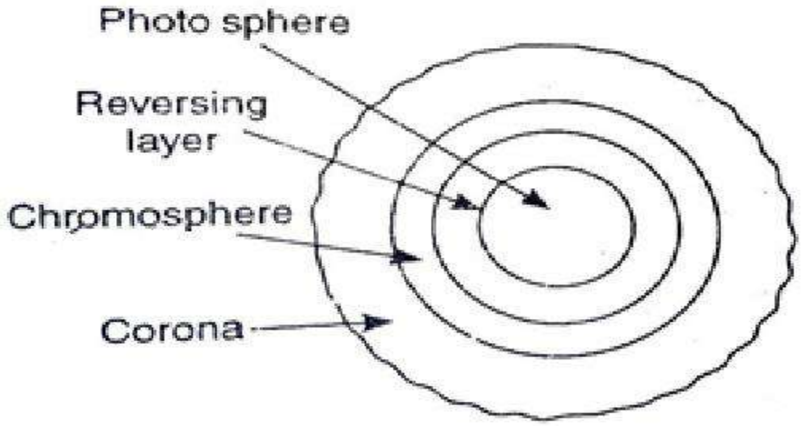
سورج کا مرکزی حصہ (Core) کہلاتا ہے۔ جس کی تپش 20 ملین ڈگری ہوتی ہے۔ اس مرکزی حصے کی سرحدیں ایک کثیف خول پر مشتمل ہوتی ہے جسے ضیائی کرہ (Photophere) کہتے ہیں۔ سورج کی تپش سے مراد ضیائی کرہ کی تپش ہوتی ہے جو کہ 6000k ہوتی ہے۔ اس کے بعد 300 تا 400 کیلو میٹر کثیف تہہ ہوتی ہے ۔ جس میں بیشتر عناصر گیسی حالت میں ہوتے ہیں اسے معکوسی پرت Reversing Layer کہتے ہیں۔ معکوسی پرت کا وسیع حصہ (Extension) لونی کرہ (Chromosphere) کہلاتا ہے۔ یہ صرف کامل سورج گہن کے وقت نظر آتا ہے آخر میں بیرونی گیس پرت جو نصف ملین کلو میٹر زائد حصہ پر محیط ہوتی ہے ہالہ (Corna) کہلاتی ہے۔ سورج کے مختلف حصوں کو شکل (15) میں دکھایا گیا ہے۔ شمسی مستقل کی قیمت معلوم کرتے ہوئے اور سورج کو ایک کامل سیاہ جسم مانتے ہوئے سورج کی تپش حسب ذیل طریقے سے معلوم کی جاتی ہے۔

فرض کیجئے سورج کے ضیائی کرہ کا نصف قطر R ہے تب اس کی سطح کا رقبہ $4\Pi R^2$ ہوگا اگر سورج کی تپش مطلق Tk ہو تب اسٹیفن کے کلیہ کے مطابق سورج سے خارج کردہ توانائی فی منٹ ہوگی۔

$$4\Pi R^2 \times \sigma T^4 \times 60$$

جہاں σ اسٹیفن کا مستقل ہے۔

یہ توانائی ہر سمت میں پھیلتی ہے۔ سورج سے ایک ہم مرکزہ کرہ تصور کیجئے جس کا نصف قطر r ہے (r سے سورج سے زمین کا فاصلہ ہے) تب اس کرے سے خارج شدہ توانائی $4\Pi R^2$ سطح پر پھیلے گی۔ اگر S شمسی مستقل ہو تب اس سطح $(4\Pi R^2)$ کو حاصل ہونے والی توانائی فی منٹ $4\Pi r^2 S$ ہو گی لہٰذا



شکل (18.5)

$$4\Pi R^2 \times \sigma T^4 \times 60 = 4\Pi r^2 S$$

$$T^4 = \frac{Sr^2}{60R^2\sigma}$$

$$T = \left[\left[\frac{r}{R}\right]^2 \frac{S}{60} \times \frac{1}{\sigma}\right]^{1/4}$$

اس طرح R, r, S اور σ کی قیمتیں درج کر کے سورج کی تپش معلوم کی جاسکتی ہے۔

18.8 حل شدہ مثالیں (Solved Examples)

حل شدہ مثال 1

ایک ٹھوس کی فریکوئنسی $2.49 \times 10^{12} HZ$ ہے تب اس کی آئین اسٹائین تپش محسوب کیجئے۔

حل: دیا گیا ہے کہ $h = 6.64 \times 10^{-34} Js$ اور $K = 1.38 \times 10^{-23} JK^{-1}$

آئین اسٹائین تپش کی مساوات ہے۔

$$T_E = \frac{hv}{k}$$

$$T_E = \frac{6.63\times10^{-34}\times2.39\times10^{12}}{k1.38\times10^{-23}} = \frac{16.508}{1.36}\times10^{35}\times10^{-34}$$

$$T_E = 119.6K$$

حل شدہ مثال2

ذیل کے ڈاٹا سے سورج کی تپش معلوم کیجیے۔

$S = 1340\, w/m^2$ شمسی مستقل

$R = 6.92\times10^{8}m$ سوراج کا نصف قطر

$r = 1.5\times10^{11}m$ سورج اور زمین کا درمیانی فاصلہ

$$\sigma = 5.67\times10^{-8}wm^{-2}k^{-4}$$

حل: ہم جانتے ہیں کہ سورج کی تپش کا ضابطہ:

$$T = \left(\left(\frac{Y^2}{R}\right)\frac{S}{\sigma}\right)$$

$$T = \left(\left(\frac{1.5\times10^{11}}{6.92\times10^{8}}\right)^2\frac{1340}{6.92\times10^{8}}\right)^{1/4}$$

حل کرنے پر

$T = 5762k$ سورج کی تپش

18.9 اکتسابی نتائج (Learning Outcomes)

- کاسیکل طبیعیات طبیعی مظاہر جیسے ضیائی برقی اثر، کامپٹن اثر وغیرہ کی توضیح نہیں کر سکی۔
- پلانک کے کلیہ کے ذریعہ آئین اسٹائن نے ضیائی برقی اثر، حرارت نوعی، کامپٹن نے x-ray کے بکھراؤ اور بوہر نے جوہر کی ساخت کی کامیابی سے توضیح کی۔
- بلند تپش کی پیائش کے لیے پائیرومیٹر ستعمال کیے جاتے ہیں۔ جس میں وین کا ڈسپلیسمنٹ کلیہ یا پلانک کا کلیہ یا پلانک استعمال کرکے اجسام کی بلند تپش کی پیائش کی جاتی ہے۔
- آج کل اڈوانس ریموٹ سنسنگ پائیرومیٹر کے ذریعے کسی بھی سطح کی پیائش بآسانی کی جاتی ہے۔
- سورج سے زمین کو حاصل ہونے والی اشعاع فی اکائی رقبہ فی اکائی منٹ شمسی مستقل کہلاتی ہے۔
- سورج کی سطح کی تپش کی پیائش کے لیے دھوپ پیما استعمال کیا جاتا ہے۔

- سورج کی سطح کی تپش 6000k اور انتہائی اندرونی مرکزے کی تپش 20 ملین ڈگری ہے۔

18.10 کلیدی الفاظ (Keywords)

- (ڈیا+فر+ام)(Diaphragm): ایک پتلی دھاتی قرص یا پلیٹ
- (ف+ل+ٹ+ر)Filter: مناظری فلٹر ایسے آلات جو منتخبہ طول موج کو جذب کرتے ہیں۔
- (بو+لو+میٹر)(Bolometer): اشعاع پیما۔ جو کسی جسم پر واقع ہونے والی برقی مقناطیسی اشعاع کی طاقت کی پیمائش کرتا ہے۔
- (نا+ئی+کو+ل+منشور)(Nicol Prism): ایک ایسا مناظری آلہ جو تقطیب گر کا کام کرتا ہے۔ یہ اس سے گزرنے والی نور کی موجوں کو دو اجزاء میں تقسیم کرتا ہے ایک معمولی شعاع اور ایک غیر معمولی شعاع۔
- (ذی+نتھ)Zenith: زمین پر کسی خاص مقام کے راست اوپر (عمودوار) خیالی نقطہ۔
- (فلو+رو+اسپار)Flurite:Flurospar کی ایک معدنی شکل یہ uv اور IR کو جذب نہیں کرتا۔

18.11 نمونہ امتحانی سوالات (Model Examination Questions)

18.11.1 معروضی جوابات کے حامل سوالات (Objective Answer Type Questions)

1. دھوپ پیما (Pyrheliometer) سے کیا پیمائش کیا جاتا ہے؟
2. شمسی مستقل کی تعریف کیجئے۔
3. سورج کی تپش محسوب کرنے کا ضابطہ بیان کیجئے۔
4. برقی مقناطیسی اشعاع کا اخراج

(a) ہر جسم پر تپش پر کرتا ہے　　(b) ہر جسم 0^0C پر کرتا ہے

(c) ہر جسم 100^0C پر کرتا ہے　　(d) ہر جسم صفر مطلق پر کرتا ہے

5. ایک کامل سیاہ جسم کی تپش میں دوگنا اضافہ کا کی جائے تب اشعاعی اخراجی توانائی فی اکائی رقبہ میں کتنے گنا اضافہ ہوگا۔

(a) دوگنا　　(b) چار گنا

(c) آٹھ گنا　　(d) سولہ گنا

6. ایک بلب کے فلیمنٹ کو کس شرح سے توانائی مہیا کی جائے کہ اس کی تپش 3600k ہو جائے جب کہ اس کی توانائی کی شرح 16w اور تپش 1800k ہے۔

(a) 4w　　(b) 64w

(c) 1282　　(d) 256w

7. تپش 6000k کی پیمائش کے لیے کون سا آلہ استعمال کیا جاتا ہے۔

(a) بولو میٹر (b) ہیلیم گیس تھرمامیٹر

(c) پائیرو میٹر (d) پلیٹینم مزاحمت تھرمامیٹر

8. سرخ شیشے کو اتنا گرم کیا جائے کہ وہ سرخ ہو جائے تب یہ کیسا نظر آئے گا۔

(a) سبز (b) سفید

(c) سفید (d) Invisible

18.11.2 مختصر جوابات کے حامل سوالات (Short Answer Type Questions)

1. پائیرو میٹر کی اقسام بیان کیجئے۔اس کے فوائد اور نقصانات بیان کیجئے۔
2. سورج کی تپش کس طرح معلوم کی جاتی ہے؟معلوم کیجئے۔

18.11.3 طویل جوابات کے حامل سوالات (Long Answer Type Questions)

1. پائیرو میٹر کیا ہیں؟ ایک ڈس اپیرنگ (Disappearing) فلیمنٹ آپٹیکل پائیرو میٹر کی بناوٹ اور کام کرنے کے اصول کو بیان کیجئے۔
2. آپٹیکل پائیرو میٹر کیا ہیں؟ ایک تقطیبی (Polarising) پائیرو میٹر کی بناوٹ اور کام کرنے کے اصول کو بیان کیجئے۔
3. شمسی مستقل کی تعریف کیجئے اور اس کی تخمین کے لیے ایک تجربہ بیان کیجئے۔

18.11.4 غیر حل شدہ سوالات (Unsolved Questions)

1. ایک لوہے کی بھٹی سے فی گھنٹہ 1.53×10^6 کیلوری کا اشعاع ایک شگاف کے ذریعہ عمل میں آتا ہے۔ جس کا تراش عمودی کا رقبہ $10^{-4}m^2$ ہے۔اگر بھٹی کی اضافی اخراجیت (e) کی قیمت 0.8 ہے تو بھٹی کی تپش محسوب کیجئے دیا گیا ہے کہ

$$\sigma = 5.6 \times 10^{-8} mks$$

(جواب: 2500k)

2. اگر سورج کا نصف قطر $7.04 \times 10^5 km$ سورج اور زمین کا درمیانی فاصلہ $14.72 \times 10^7 km$ اور شمسی مستقل $1400\ w/m^2$ اور $\sigma = 5.7 \times 10^{-8} wm^{-2}k^{-4}$ ہو تب سورج کی تپش محسوب کیجئے۔

(جواب: 5723k)

18.12 تجویز کردہ اکتسابی مواد (Suggested Learning Resources)

1. Heath and Thermodynamics – Zemanksy
2. Physics – Resnick & Halliday (new edition) (5^{th}& 6^{th})
3. Thermodynamics and Statistical Physics – Sharma & Sarkar.
4. Thermodynamics, Statistical Physics & Kinetics – Satya Prakash, J.P. Agarwal
5. Thermodynamics & Optics – S.L. Gupta & Sanjeev Gupta.
6. Thermodyanmics Core Phyiscs III – Vikas
7. University Physics – W. Sears, N. Zeemansky, D. Young
8. Modern Physics by R. Murugeshan and Kiruthiga Siva Prasath.
9. Undergraduate Physics, Vol-I, AB. Bhatachariya & R. Bhatachariya.

Maulana Azad National Urdu University

B.Sc. (MPC/MPCs) IV Semester Examination

BSPH401CCT:طبیعات(Thermal Physics)

Time: 3 hrs **Marks: 70**

ہدایات:

یہ پرچہ سوالات تین حصوں پر مشتمل ہے۔ حصہ اول، دوم سوم۔ ہر جواب کے لیے لفظوں کی تعداد اشارۃ ہے۔ تمام حصوں سے سوالوں کا جواب دینا لازمی ہے۔

1. حصہ اول میں 10 لازمی سوالات ہیں۔ جو کہ معروضی سوالات / خالی جگہ پر کرنا / مختصر جواب والے سوالات ہیں۔ ہر سوال کا جواب لازمی ہے۔ ہر سوال کے لیے 1 نمبر مختص ہے۔ (10x1=10 Marks)
2. حصہ دوم میں 8 سوالات ہیں۔ اس میں سے طالب علم کوئی (5) سوالوں کے جواب دینے ہیں۔ ہر سوال کا جواب تقریبا دو سو (200) لفظوں پر مشتمل ہے۔ ہر سوال کے لیے 6 نمبرات مختص ہیں۔ (5x6=30 Marks)
3. حصہ سوم میں 5 سوالات ہیں۔ اس میں سے طالب علم کو کوئی تین سوالوں کے جواب دینے ہیں۔ ہر سوال کا جواب تقریباً پانچ سو (500) لفظوں پر مشتمل ہے۔ ہر سوال کے لیے 10 نمبرات مختص ہیں۔ (3x10=30 Marks)

حصہ اول

سوال(1)

i. پروبابیلٹی سے کیا مراد ہے؟

ii. ذیل میں سے کون سا رشتہ صحیح ہے۔

(a) $\bar{C} = Cp = Crms$ (b) $Crms < \bar{C} < CP$

(c) $Crms > \bar{C} > Cp$ (d) $\bar{C} < Crms < Cp$

iii. $Cp, \bar{C}$ اور Crms کے درمیان نسبت لکھیے۔

iv. حراری انجن کیا ہے؟ اس کے اجزاء کے نام لکھئے۔

v. ایک ایڈیا بیٹک عمل میں کون سی طبیعی مقدار مستقل رہتی ہے۔

(a) تپش (b) حرارت

(c) حجم (d) دباؤ

vi. کلاسیس۔کلاپیران حرارت مخفی کی مساوات لکھیے۔

vii. معکوس تپش (Ti) اور فاضل تپش Tc میں رشتہ لکھیے۔

viii. کرچوف کے کلیہ کو بیان کیجئے۔

ix. اسٹیفن۔بولٹزمن کے کلیہ کو بیان کیجئے۔

x. شمسی مستقل کی تعریف کیجئے۔

حصہ دوم

2. مختصر طور پر سالمات کی اسپیڈ کے میکس ویل ڈسٹری بیوشن کلیہ کی وضاحت کیجئے۔

3. بوسانس اور فرمیانس کے درمیان تقابل کیجئے۔

4. ریور سیبل اور ارریور سیبل اعمال کیا ہیں؟ مثالیں دیجئے۔

5. کائنات کی انٹروپی پر نوٹ لکھئے۔

6. میکس ویل کے تھرموڈائنامک رشتے لکھیے۔

7. مثالوں کے ذریعہ پہلے درجہ اور دوسرے درجہ کی فیز میں تبدیلی کی وضاحت کیجئے۔

8. Ferry کے سیاہ جسم کو بیان کیجئے۔

9. پلانک کے کلیہ سے اسٹیفن کے کلیہ کو اخذ کیجئے۔

حصہ سوم

10. میکس ویل بولٹزمن، بوس آئین اسٹائین اور فری ڈیراک اسٹاٹسٹیکس کے درمیان تقابل کیجئے۔ کن حدود کے تحت BEاور FD اسٹاٹسٹیکس MB اسٹاٹسٹکس کے مساوی ہوتے ہیں؟

11. کارنوٹ سائیکل کو بیان کیجئے۔ ہر مرحلہ میں انجام دیے گئے کام کو حجم۔دباؤ ترسیم پر کس طرح ظاہر کیا جاتا ہے؟

12. :تھرموڈائنامکس کا دوسرا کلیہ بیان کیجئے اور اس کی وضاحت کیجئے۔ کیلون کے پیمانہ تپش کو بیان کیجئے اور اس کی اہمیت بیان کیجئے۔

13. ہائیڈروجن کو مائع میں تبدیل کرنے کا طریقہ بیان کیجئے۔ اسے مائع میں تبدیل کرنے کا اصول بیان کیجئے۔

14. پلانک کے کلیہ سے حسب ذیل کلیات اخذ کیجئے۔(1) وین کا فارمولہ (2) ریلے جینز کا کیہ (3) وین کا نقل مکانی کلیہ (4) اسٹیفن کا کلیہ۔

☆☆☆☆

BSPH450CCP

لیب مینول

(Lab Manual)

اکائی 19۔ پلانک کا مستقلہ

(Plank Constant)

اکائی کے اجزا

19.0 تمہید

19.1 مقاصد

19.2 آلات

19.2.1 تشریح آلات

19.3 نظریہ

19.4 طریقہ عمل

19.5 مشاہدہ اور تحسیب

19.6 احتیاطی تدابیر

19.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت

19.8 تجربی نتائج

19.9 کلیدی الفاظ

19.0 تمہید (Introduction)

پلانک کا مستقل، جس کی علامت h ہے، ایک بنیادی آفاقی مستقل ہے جو توانائی کی کوانٹم نوعیت کی وضاحت کرتا ہے اور فوٹوون کی توانائی کو اس کی فریکوئنسی سے جوڑتا ہے۔ انٹرنیشنل سسٹم آف یونٹس (SI) میں، مستقل قدر $h= 6.62607015\times10^{-34}\ J\cdot Hz^{-1}$ ہے۔ اسے پلانک مستقل بھی کہا جاتا ہے۔ ایٹموں اور ذیلی ایٹمی ذرات کی حرکات کو سمجھنے کے لیے ضروری ہے، پلانک کا مستقل وضاحت کرتا ہے کہ کوانٹم میکینکس اور جدید الیکٹرانکس - بشمول کمپیوٹر چپس، سولر پینلز اور لیزرز - کیسے کام کرتے ہیں۔ جیسا کہ پلانک کے مستقل نے کوانٹم میکانکس کے نظریہ کو تیار کرنے میں مدد کی، یہ ستاروں کے ارتقاء، یا وقت کے ساتھ ستاروں میں ہونے والی تبدیلیوں کے بارے میں سائنسدانوں کی سمجھ کے لیے اہم ہے۔

ایٹموں اور ذیلی ایٹمی ذرات کی حرکات کو سمجھنے کے ساتھ ساتھ کوانٹم میکینکس اور جدید الیکٹرانکس کے کام کرنے کے لیے پلانک کا مستقل ضروری ہے۔ اس وقت، موجودہ فارمولوں نے تمام درجہ حرارت کے مشاہدہ شدہ نتائج کو درست طریقے سے بیان نہیں کیا۔ پلانک کے مستقل کو میکس پلانک کی ایک ریاضیاتی اظہار پیدا کرنے کی کامیاب کوشش کے ایک حصے کے طور پر تیار کیا گیا تھا جس نے بند بھٹی (بلیک باڈی ریڈی ایشن) سے حرارتی شعاعوں کی مشاہدہ شدہ سپیکٹرل تقسیم کی درست پیش گوئی کی تھی۔ اس ریاضیاتی اظہار کو اب پلانک کے قانون کے نام سے جانا جاتا ہے۔

1905 میں، البرٹ آئن سٹائن نے خود برقی مقناطیسی موج کی توانائی کے ایک "کوانٹم" یا کم سے کم عنصر کا تعین کیا۔ روشنی کوانٹم نے کچھ معاملات میں برقی طور پر غیر جانبدار ذرہ کے طور پر برتاؤ کیا، اور آخر کار اسے فوٹوون کہا گیا۔ میکس پلانک کو طبعیات کا 1918 کا نوبل انعام "انرجی کوانٹا کی دریافت کے ذریعے طبیعیات کی ترقی کے لیے ان کی خدمات کے اعتراف میں" ملا۔

19.1 مقاصد (Objectives)

اس تجربہ میں ہم:

1. فوٹو الیکٹرک اثر کا استعمال کرتے ہوئے پلانک مستقلہ (Plank's Constant) اور کام تفاعل (Work Function) کی تخمین کرنا۔
2. تابکاری کے معکوس مربع قانون کی (Inverse Square Law) کی تصدق کرنا۔

19.2 آلات (Apparatus)

1) پلانک مستقلہ، مختلف رنگوں کے فلٹرز

i. ضیاحساس (Photo Sensitive) ڈیوائس: ویکیوم فوٹوٹیوب

ii. روشنی کی واسطہ: ہالوجن ٹنگسٹن بمپ $12V/35\omega$

iii. رنگین فلٹرز: 635nm & 570nm, 540n, 500nm, 460nm

iv. اسراع پذیر وولٹیج: ریگولیڈ وولٹیج پاور سپلائی

v. آئوٹ پٹ: Variable ±15V

vi. ڈسپلے: 3 ½ digit، 7 سیگمنٹ LED

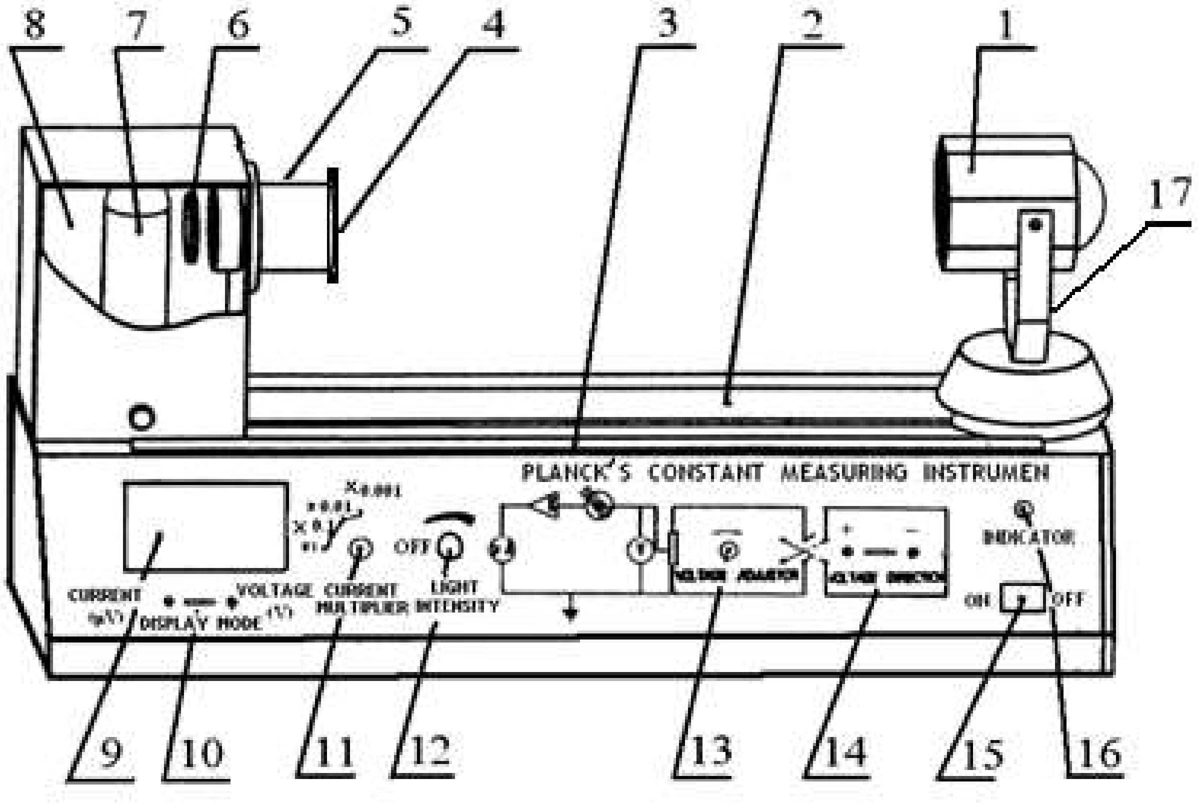
vii. کرنٹ ڈیٹیکٹنگ یونٹ: کم کرنٹ ماپنے والا آلہ ہے۔(nm)

viii. پاور ضرورت: $220V \pm 10\%$، 50Hz

ix. آپٹیکل بینچ: نور کے واسطہ اور فوٹو ٹیوب کے درمیا فاصلے کا ایڈ جسٹ کرنے کے لیے نور کے مبدہ کو اس کے ساتھ منتقل کیا جا سکتا ہے۔ اسکیل کی لمبائی 400nm ہے۔ رنگین فلٹرز لگانے کے لیے ایک ڈرا ٹیوب فراہم کی گئی ہے اور اسکے پچھلے سرے پر فوکس لینس لگا ہوا ہے۔

19.2.1 تشریح آلات (Apparatus Explanation)

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی



Source:https://lambdasys.com/products/detail/214

شکل (19.1)

1. روشنی کاواسطہ، $12V/35\omega$ ہالوجن ٹنگسٹن لیمپ۔
2. روشنی کے واسطے کو اس کے ساتھ منتقل کریں، روشنی کا مبدہ اور ڈارک باکس کے درمیان فاصلہ ایڈجسٹ کیا جائے۔
3. اسکیل کی لمبائی 400mn ویکیوم فوٹوٹیوب کا مرکز صفر نقطہ کے طور پر استعمال ہوتا ہے۔
4. ڈراٹیوب: فور پارٹ کلر فلٹر لگانے کے لیے استعمال ہوتا ہے اور ایک فوکس لینس اسکے پچھلے سرے پر لگاہوا ہوتا ہے۔
5. غلاف (Cover): فوٹوٹیوب پر مشتمل چیمبر کا احاطہ کرنے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔
6. فوکس لینس
7. ویکیوم فوٹوٹیوب
8. ڈیجیٹیل میٹر، کرنٹ (μA)، وولٹیج (v)۔
9. ڈسپلے موڈ سوئچ: وولٹیج اور کرنٹ موڈ کے درمیان ڈسپلے کو سوئچ کرنے کے لیے۔
10. کرنٹ موجودہ ضرب
11. نور کی شدت کا سوئچ: نور کی شدت کو منتخب کرنے کے لیے سوئچ کریں۔
12. فلٹر سیٹ: پانچ فلٹرز۔
13. لینس کور
14. وولٹیج کی اسراع بڑھانا۔
15. وولٹیج کی سمت سوئچ: $\pm 15v$ کے درمیان
16. پاور سوئچ۔
17. پاور انڈیکر

19.3 نظریہ (Theory)

فارمولہ: اسٹاپینگ پوٹینشل کی مساوات $v_s = \frac{h}{e}v - \phi$

جہاں v_s = اسٹاپینگ پوٹیشنل، e= الیکٹران کی جارج، h= پلانک مامستقلہ

v= نور کی فریکوئنسی، ϕ = کام تفاعل

گراف: v اور v_s کے درمیان ایک گراف بنایئے۔ گراف ایک خط مستقم ہو گی۔ اس گراف کی مدد سے حائل کی ایکسٹراپوسیڈ پوائنٹ $v = 0$ پر $Cs - Sb$ کی کام تفاعل (Work Function) ϕ کہتے ہیں۔

یہ 1905ء کے اوائل میں دیکھا گیا تھا کہ تابکاری کے زیر اثر زیادہ تر الیکٹران خارج کرتی ہیں۔ اس رجحان کو فوٹوالیکٹرک اخراج کہتے ہیں۔ اس کے تفصیلی مطالعہ سے یہ معلوم ہوا کہ

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی
MAULANA AZAD NATIONAL URDU UNIVERSITY Estd. 1998

i. اخراج کے عمل کا انحصار تابکاری کی فریکوئنسی پر ہے۔

ii. ہر دھات (Metal) کے لیے ایک فاصل فریکوئنسی موجود ہوتی ہے جیسے کہ کم فریکوئنسی کی نور الیکٹرانوں کو آزاد کرنے سے قاصر ہوتے ہے، جبکہ زیادہ فریکوئنسی کی نون ہمیشہ الیکٹرانوں کو آزاد کرتے ہیں۔

iii. الیکٹران کا اخراج تابکاری کی آمد کے بعد بہت کم وقت کے وقفے میں ہوتا ہے اور الیکٹران تعداد اس تابکاری کی شدت کے تناسب ہوتی ہے۔

اوپر دیئے گئے تجرباتی حقائق اس بات کا مضبوط ترین ثبوت میں سے ہیں کہ برقی مقناطیسی میدنا کی مقدار درست ہے۔

میدان کی کوانٹا توانائی $E = h\upsilon$ جہاں h پلانک کا مستقلہ، υ تابکاری کی فریکوئنسی اور ان کوانٹا کو فوٹون کہتے یہں۔

الیکٹران دھات کی سطح کے اندر توانائی $e\phi$ جہاں φ کام تفاعل

اگر نور کی فریکوئنسی ایسی ہے۔

a. $h\upsilon > e\phi$ ہو فوٹو الیکٹران کو نکالنا ممکن ہوگا۔

b. $h\upsilon < e\varphi$ ہو تو الیکٹران کو نکالنا ممکن ہوگا۔

فوٹوون کی اضافی توانائی الیکٹران کی بلحرکت کی توانائی کے طور پر ظاہر ہوتی ہے تاکہ

$$h\upsilon = \frac{1}{2}mv^2 + e\phi (or) \frac{1}{2}mv^2 = h\upsilon - e\varphi \text{--------}(19.1)$$

مساوات (1) ایک مشہور فوٹو الیکٹرک مساوات ہے جیسے آئن سٹائن نے 1905ء میں وضع کیا تھا۔

اگر ہم ریٹارڈنگ پوٹیشل V_0 کا اطلاق کرتے ہیں تاکہ فوٹو الیکٹران کو مکمل طور پر روکا جاسکے، تو اسے ممکنہ بمقابلہ روکنے کے نام سے اسٹاپینگ پوٹینشل V_s کہتے ہے۔

$$\frac{1}{2}mv^2 = e\upsilon_s (or) e\upsilon_s = h\upsilon - e\phi$$

$$\upsilon_s = \frac{h}{e}\upsilon - \phi$$

υ اور V_0 کے درمیان گراف کھینچے۔ تب ترسیم ایک خط مستقیم ہے اور ایکسٹراپولیڈ پوائنٹ $\upsilon = 0$ پر کام تفاعل ϕ کی قدر حاصل ہوتی ہے۔

فوٹو الیکٹرک سبیل کا استعمال سے تابکاری کے معکوس مربع قانون کی تصدیق کرنا

i. الیکٹرک پپ کی منسور شدت (Luminous Intensity) اور E اسے سے نقطہ r پر روشنی کی شدت ہے $E \propto \frac{L}{r^2}$

ii. اگر نور کی فوٹو الیکٹرک سبیل کے کیتھوڈ پر اخراج ہونے سے فوٹو الیکٹرک کرنٹ I، E کے تناسب ہوگی تب $E = \frac{L}{r^2} = K.I$

iii. E اور I کے درمیان ایک گراف بنائے۔ گراف ایک خط مستقم ہوگی تو تب یہ تابکاری کا معکوس مربع قانون کی تصدیق کرتی ہے۔

19.4 طریقہ عمل(Procedure)

I. **پلانک کا مستقلہ اور کام تفاعل(Work function) کی تخمین:**

i. سرخ(red)رنگ کا فلٹر داخل کریں(635nm)، تیز روشنی پر روشنی کی شدت کا سوئچ(12)سیٹ کریں، وولٹیج سمت سوئچ(14)۔ پر اور ڈسپلے موڈ سوئچ(10)موجودہ ڈسپلے پر

ii. ڈی ایکسلریٹنگ وولٹیج کوov پر اور ضارب رو کو 4x0.001 پر ایڈجیسٹ کریں۔

iii. فوٹو کرنٹ کو صفر تک کم کرنے کے لیے اسراع(تیز رفتاری) کو بڑھائیں۔635nm طول موج کے صفر کرنٹ کے مساوی ڈی ایکسیٹنگ وولٹیج(vs)(بمقابلہ) کو نیچے لے جائیں اسی طرح V_s کی قدر دوسری موج کی طول کے بمقابلہ حاصل کریں۔(کم از کم 2 فاصلے کے لیے دہرائیں40 سینٹی میٹر اور30 سینٹی میٹر پر)

II. **معکوس مربع قانون کی تصدیق:**

i. کنکشن پہلے جیسا ہی ہو گا سوائے اس کے کہ کیتھوڈ کے ساتھ انوڈ پر مثبت وولٹیج کا طلاق ہو گا۔

ii. فوٹو الیکٹرک سیل کے سامنے ایک فلٹر زرکھیں۔

iii. فوٹو سیل کی پوزیشن اور وولٹیج کو مستقل رکھتے ہوئے فوٹو سیل سے لیمپ کا فاصلہ چھوٹے قدموں میں بڑھائیں۔ اور آپٹیکل بینچ پر لیمپ کی پوزیشن 'r' موجودہ کرنٹ I کو نوٹ کریں۔

iv. تجربہ دوسرے فلٹرز(کم از کم 2 فلٹرز) کے ساتھ دہرایا جائے۔

19.5 مشاہدہ اور تحسیب(Observations and Analysis)

مشاہدات:

υ اور V_s کے درمیان گراف سے h کی قدر

$$h = e \times slope\ of\ graph$$

$$h = e \times \frac{\Delta V_s}{\Delta \upsilon}$$

ΔV_s اور $\Delta \upsilon$ کی قیمتیں کو گراف سے درج کرنے پر

H کی قیمت $= - - - - - - - - J - sec$

معیاری قدر $h = 6.62 \times 10^{-34} J - sec$

دوبارہ گراف سے $\nu = 0$ پر ورک فنکشن $\chi = - - - - - - - - - Volts$

جدول(19.1)

:FordeterminationofPlanck's constantandworkfunction

S.No.	Filters	$\upsilon (sec^{-1} x 10^{14})$	StoppingVoltage($V_s$inVolts)	
			d =40 cm	d =30 cm
1	Red(635nm)	4.72		
2	YellowI(585nm)	5.13		
3	YellowII(540nm)	5.56		
4	Green(500nm)	6.00		
5	Blue(460nm)	6.50		

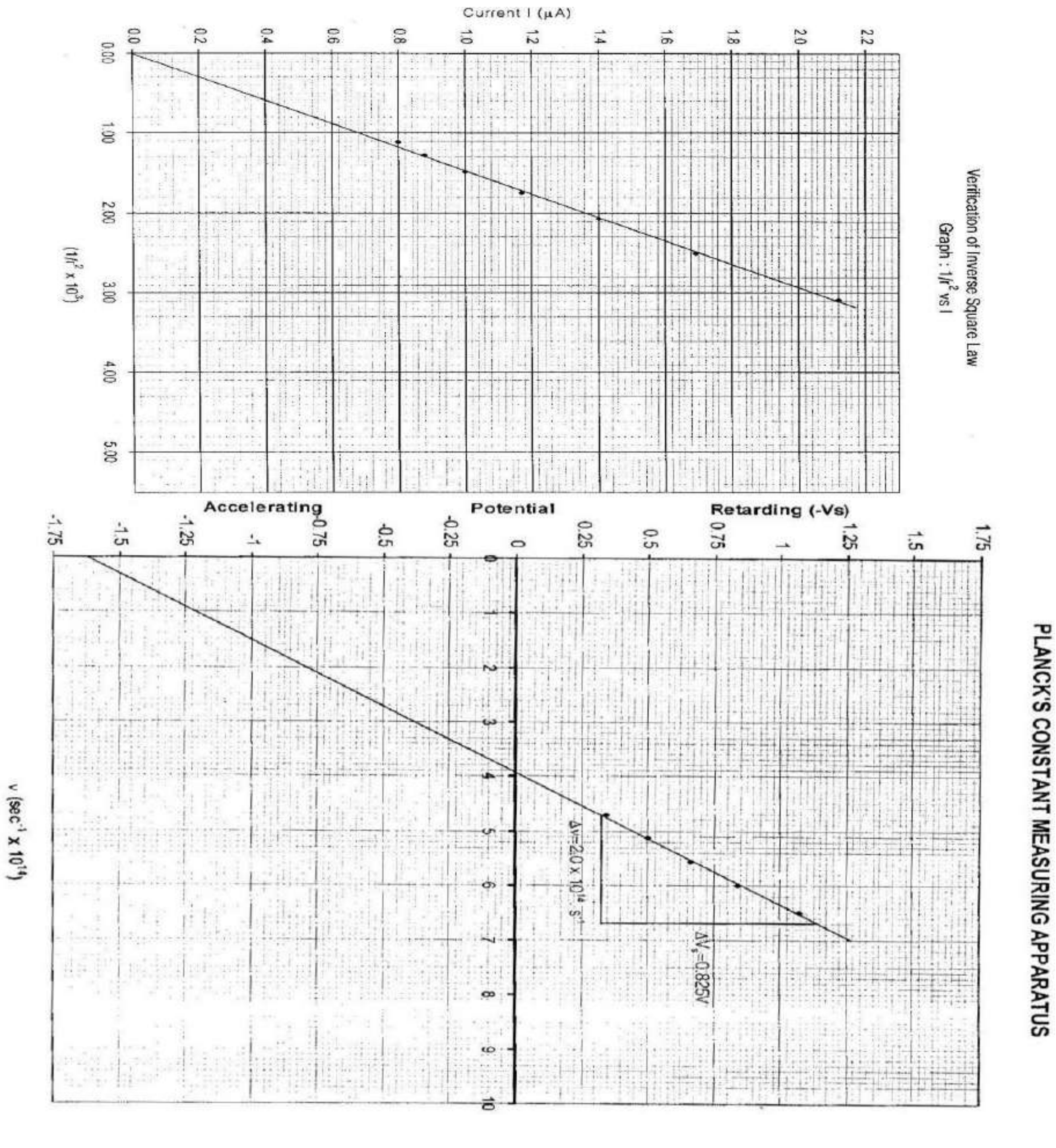
(19.2)جدول

:Forverificationofinversesquarelaw

S,No.	Distance between lamp and photo-cell(r)	$\frac{1}{r^2} X10^3$	I(μA)	
			Red filter	Green filter
1	18cm	3.09		
2	20cm	2.50		
3	22cm	2.07		
4	24cm	1.74		
5	26cm	1.48		
6	28cm	1.28		
7	30cm	1.11		

گراف:

Model Graphs



شکل(19.2)

19.6 احتیاطی تدابیر (Precautions)

ممکنہ غلطیاں و احتیاطیں:

- اس آلے کو خشک، ٹھنڈی، اندرونی جگہ میں چلایا جانا چاہئے۔
- فوٹوٹیوب کو خاص طور پر براہ راست روشنی کے سامنے نہیں آنا چاہئے۔ خاص طور پر فوٹوٹیوب کی تنصیب کے وقت، کمرے میں صرف مدھم روشنی ہونی چاہئے۔
- کلر فلٹر کو خشک اور ڈسٹ پروف ماحول میں محفوظ کیا جانا چاہئے۔
- تجربہ ختم کرنے کے بعد نور بند کرنا یاد رکھیں اور ڈراٹیوب (4) کو فراہم کردہ نہیں کور (15) سے ڈھانپیں۔
- اگر فوٹوٹیوب کلر فلٹر، نہیں وغیرہ پر دھول ہو تو آلہ کو ڈسٹ پروف اور نمی پروف ماحول میں رکھنا چاہئے۔
- الکوحل کے چند قطروں کے ساتھ جاذب روئی استعمال کر کے اسے صاف کریں۔

19.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت (Significant of Experiment in Domestic Life)

- پلانک مستقل کا استعمال روشنی کی توانائی کا حساب لگانے کے لیے کیا جاتا ہے، اور یہ الیکٹرانکس، نینو ٹیکنالوجی اور فلکیات جیسے شعبوں میں اہم ہے۔ اگرچہ آپ کو اپنی روزمرہ کی زندگی میں پلانک مستقل نظر نہیں آتا ہے، لیکن یہ ان بہت سی ٹیکنالوجیز میں ایک بڑا کردار ادا کرتی ہے جو ہم ہر روز استعمال کرتے ہیں، جیسے کہ LED لائٹس، سولر پینلز اور CD پلیئرز۔
- ایٹموں اور ذیلی ایٹمی ذرات کی حرکات کو سمجھنے کے ساتھ ساتھ کوانٹم میکینکس اور جدید الیکٹرانکس کے کام کرنے کے لیے پلانک کا مستقل ضروری ہے۔ اس وقت، موجودہ فارمولوں نے تمام درجہ حرارت کے مشاہدہ شدہ نتائج کو درست طریقے سے بیان نہیں کیا۔

19.8 تجربی نتائج (Experimental Results)

نتائج:

i. پلانک کا مستقل $h = -------- J-sec$

کام کا فعل $Q = ---- Volts$

ii. x- محور پر $\frac{1}{r^2}$ اور y- محور پر I کے درمیان گراف کھینچے تب گراف ایک خط مستقیم ہو گی تو تابکاری کے معکوس قانون کو ثابت کرتا ہے۔

19.9 کلیدی الفاظ (Key Words)

- **آپٹیکل بینچ:** نور کے واسطہ اور فوٹوٹیوب کے درمیافاصلے کا ایڈجسٹ کرنے کے لیے نور کے مبدہ کو اس کے ساتھ منتقل کیا جا سکتا ہے
- **ڈراٹیوب:** فور پارٹ کلر فلٹر لگانے کے لیے استعمال ہوتا ہے اور ایک فوکس لینس اسکے پچھلے سرے پر لگا ہوا ہوتا ہے۔
- **ڈسپلے موڈ سوئچ:** وولٹیج اور کرنٹ موڈ کے درمیان ڈسپلے کو سوئچ کرنے کے لیے۔

اپنی معلومات کی جانچ کیجیے (Check your Information Questions)

1. معکوس مربع قانون کیا مراد ہے؟

....

....

....

....

2. اسٹاپینگ پوٹینشل کیا مراد ہے؟

....

....

....

....

3. پلانک کا مستقلہ h=............................؟

....

....

....

....

4. کام تفاعل(Work function)سے کیا مراد ہے؟

....

....

....

....

5. مزاحمت سے کیا مراد ہے؟

....

....

....

....

Calculations

Calculations

Estd. 1998
MAULANA AZAD NATIONAL URDU UNIVERSITY

اکائی 20۔ اسٹیفن اور بولٹز مین کا مستقلہ

(Stefon's & Botlzmon Constant)

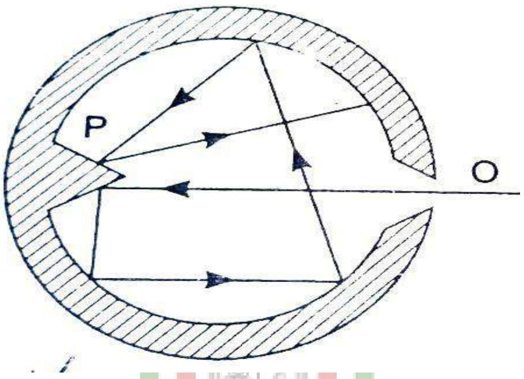
اکائی کے اجزا

20.0 تمہید
20.1 مقاصد
20.2 آلات
20.2.1 تشریح آلات
20.3 نظریہ
20.4 طریقہ عمل
20.5 مشاہدہ اور تحسیب
20.6 احتیاطی تدابیر
20.7 روز مرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت
20.8 تجربی نتائج
20.9 کلیدی الفاظ

20.0 تمہید (Introduction)

ایک سیاہ جسم (The Black Body)

جب ایک احاطہ (Enclosure) کو ایک مستقل تپش پر برقرار رکھا جاتا ہے تو یہ ان تمام اشاعتوں سے بھر جاتا ہے جو کسی مکمل سیاہ جسم کے لیے مخصوص ہوتے ہیں۔ جب اس احاطہ کی دیوار میں ایک نہایت باریک سوراخ بنادیا جاتا ہے تو اس سے برآمد ہونے والا اشعاع اس اشعاع کے تقریباً مشابہ ہوگا جو ایک مکمل سیاہ خروجی سطح سے آرہا ہو۔ سوراخ جتنا زیادہ چھوٹا ہوتا ہے اتنا ہی اسکا اشعاع، سیاہ جسم کے اشعاع کے مشابہ ہوتا جاتا ہے۔ شکل 20.1 میں فری (Fery) کا ایجاد کردہ سیاہ جسم بتلایا گیا ہے۔ یہاں سوراخ 'o' سے اشعاع اندر آتا ہے۔



شکل (20.1): فری کا سیاہ جسم

سوراخ کے بالکل مخالف جانب کی سطح سے اشعاع کو روکنے کی خاطر اس کے عین مخالف سمت میں ایک مخروطی ابھار (P) کو بنایا گیا ہے۔ اگر ایسا نہ بنایا جاتا تو وہ ایک مکمل سیاہ جسم نہیں بن پاتا۔ احاطہ کی اندرون سطح پر سیاہ پینٹ چڑھادیا جاتا ہے۔ واقع ہونے والے اشعاع کے لیے بھی یہ احاطہ بند ایک مکمل سیاہ جسم کے مانند کام کرتا ہے۔ اس سوراخ کے ذریعہ احاطہ کے اندر داخل ہونے والا ہر ایک اشعاع اندرونی انعکاسوں کی وجہ سے احاطہ میں جذب ہوجائے گا۔

طبیعیات میں، Stefan-Boltzmann Constant، جسے Stefan's constant بھی کہا جاتا ہے، ایک طبعی مستقل ہے۔ یہ بلیک باڈی تابکاری کے اسٹیفن بولٹزمین قانون میں تناسب کا مستقل ہے۔ Stefan Boltzmann Constant کو یونانی حرف σ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ اس جسمانی مستقل کو جوزف سٹیفن نے 1879 میں وضع کیا تھا اور اسے 1884 میں لڈوگ بولٹزمین نے اخذ کیا تھا۔

بہت سے جسمانی عمل کی شرحیں بھی بولٹزمین فیکٹر سے متعین ہوتی ہیں۔ ایک بے ترتیب ذرہ کے لیے، ذرہ کی اس کی حرارتی توانائی KT توانائی کا ایک چھوٹا ضرب ہے۔ درجہ حرارت میں اضافے کے نتیجے میں زیادہ ذرات ایکٹیویشن کے عمل کی خصوصیت سے توانائی کی رکاوٹ کو عبور کرتے ہیں۔

20.1 مقاصد(Objectives)

اس تجربہ میں ہم:

- اسٹیفن-بولٹزمین کا مستقل(Stefan- Boltzman's Constant) تابکاری کے کلیہ کی تصدق کرنا۔

20.2 آلات(Apparatus)

i. 0-6V ریگولیٹیڈ پاور سپلائی،

ii. فلیمنٹ، بلب 6v،

iii. ڈیجیٹل وولٹ میٹر اور

iv. ایمیٹر

20.2.1 تشریح آلات(Apparatus Explanation)

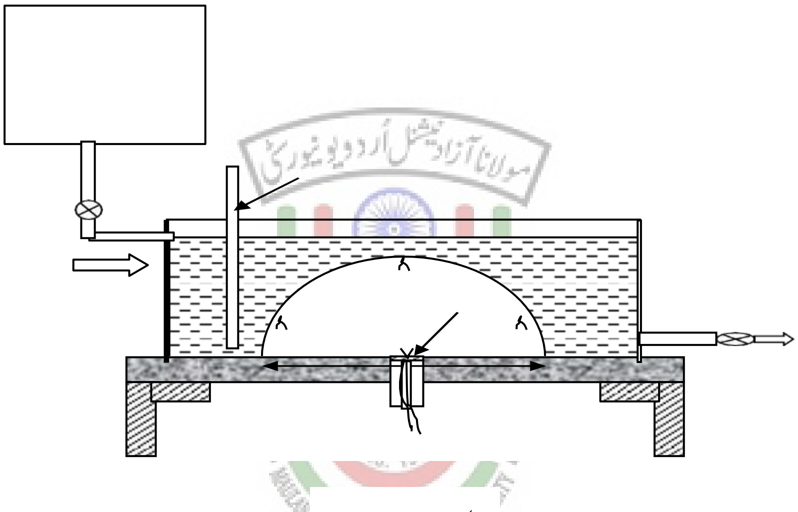
مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

تجربہ کے لئے آلات کی تفصیل:

source:https://www.phywe.com/experiments-sets/university-experiments/stefan-boltzmann-s-law-of-radiation-with-an-amplifier_9515_10446

شکل(20.2)

شکل(20.3)میں Hemisphericalشکل کی ایک گرم پانی سے Jacketپر مشتمل ہے۔ایک تانبے کی 'ٹیسٹ ڈسک' نصف کرہ کے نچلے حصے کی بیچ میں نصب ہے۔ تین تھرموکوپل جن کی تعداد 2 ,3اور4 ہے۔نصف کرہ کے اندرونی حصے میں ہے اور تھرموکوپل (نمبر 1) ٹیسٹ ڈسک کے ساتھ نصب ہے۔ گرم پانی کے ٹینک سے گرم پانی حاصل کیا جاتا ہے۔ایک الیکٹرک ہیٹر کی مدد سے ٹینگ میں گرم پانی (ابلتا ہوا)Generatedہوتا ہے۔اس کے بعد گرم پانی کو نصف کرہ کی بیرونی جگہ اور اس کے ارد گرد موجود برتن کے درمیان کی جگہ کو بھرنے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔پانی کی سطح کے اشارے کا استعمال اس بات کو یقینی بنانے کے لیے کیا جاتا ہے کہ نصف کرہ دار گنبد کے اوپر پانی کے سطح کافی زیادہ ہے۔ گرم پانی گنبد کے گرد یکساں درجہ حرارت کو یقینی بناتا ہے۔ایک سٹاپ واچ تین سے 2 سیکنڈ کے یکساں وقت کے وقفے پر ٹیسٹ ڈسک کے درجہ حرارت کی پیائش کے لیے استعمال کی جاتی ہے۔



شکل(20.3)

20.3 نظریہ(Theory)

سیاہ جسم سے مجموعی اشعاع۔اسٹیفان۔بولٹرمان کا کلیہ

(Total Radiation from Black Body – Stefan Boltzmann Law)

اسٹیفان نے 1879 میں ٹنڈل(Tyndall)، دولانگ(Dulong)اور پیٹیٹ(Petit)کے تجرباتی ڈیٹا کے تجزیہ سے یہ نتیجہ اخذ کیا کہ ایک گرم جسم سے خارج ہونے والا اشعاع اسکی مطلق تپش کی چوتھی قوت کے متناسب ہوتا ہے۔ حرکیاتی اصولوں کی بنیاد پر 1884ء میں بولٹرمان نے اس کلیے کا نظری ثبوت پیش کیا۔ یہ کلیہ ان دونوں سائنسدانوں کے نام اسٹیفان، بولٹرمان کے کلیے کے طور پر جانا جاتا ہے اور اس کا اطلاق صرف سیاہ اجسام سے خارج ہونے والے اشعاع پر ہی کیا جاتا ہے۔اس کلیے کو ذیل کی طرح بیان کیا جاتا ہے۔

T تپش مطلق پر جب ایک سیاہ جسم T_0 تپش مطلق والے دوسرے سیاہ جسم سے گھرا ہوا رہتا ہے تو اول الذکر جسم کے ایک مربع سنٹی میٹر سے فی ثانیہ کھوئی ہوئی توانائی کی مقدار E ہوتی ہے۔

$$E = \sigma\left(T^4 - {T_0}^4\right)$$

جہاں σ کو اسٹیفان کا مستقل کہا جاتا ہے جس کی قیمت $5.67 \times 10^{-5} erges\ S^{-1}cm^{-2}K^{-4}$ یا $5.67 \times 10^{-8}\ W/mK^4$ ہوتی ہے۔

لیومر (Lummer) اور پرنگشیم (Pringshiem) نے 100^0C تا $1260^0\,C$ نسبتی وقفہ پر ایک سیاہ جسم سے خارج ہونے والے اشعاع پر تحقیقات کیں اور یہ معلوم کیا کہ تجربہ پر موقوف غلطیوں کے اندر یہ کلیہ درست ہے۔ سورج کو ایک سیاہ جسم تصور کرتے ہوئے اس کی سطح پر کی تپش معلوم کرنے کے لیے اسٹیفان بولٹزمان کے کلیہ کو استعمال کیا جاسکتا ہے۔

اسٹیفن کے کیہ کے مطابق سیاہ جسم سے نکلنے والی طاقت اس کے مطلق درجہ حرارت کی چوتھی طاقت کے تناسب ہے۔ یعنی

$$P \propto T^4$$

$$\log P = 4\log T \qquad \text{-------}(20.1)$$

برقی بلب کے ٹنگسٹن فلیمینٹ کی مزاحمت $R \propto T$

$$\log R \propto \log T \qquad \text{----------}(20.2)$$

مساوات (20.1) اور (20.2) سے

$$\frac{\log P}{\log R} = 4$$

20.4 طریقہ عمل (Procedure)

i. سیٹ اپ کو Mains کے ساتھ جوڑیں اور پاور سپلائی کو Anticlockwise میں کم سے کم پوزیشن پر رکھیں۔

ii. سیٹ اپ کو آن کریں اور پاور سپلائی وولٹیج کو اس وقت تک بڑھائیں جب تک کہ بلب چمکنا شروع نہ کرے۔ وولٹ میٹر اور امیٹر ریڈنگ کو نوٹ کریں۔ ان ریڈنگ کو جدول میں درج کریں۔

iii. پاور سپلائی وولٹیج کو ....52.0, 1.5, 1 کے مراحل میں بڑھائیں اور وولٹیج کی ہر ترتیب کے لیے متعلقہ کرنٹ کو نوٹ کریں۔ ان ریڈنگز کو جدول میں درج کریں۔

iv. فلیمینٹ ریزسٹن $R = V/I$ اور پاور ریڈی ایٹڈ $P = VI$ کو محسوب کیجئے۔

v. logR اور logP کو معلوم کیا جائے۔

vi. گراف کو پلاٹ کریں۔

vii. گراف کو y- محور پر logP اور x- محور پر logR کے درمیان ایک گراف بنائے۔

20.5 مشاہدہ اور تحسیب (Observations and Analysis)

مشاہدات:

a. گراف سے سلوپ کو معلوم کریں $= \frac{BC}{AB} = \ldots\ldots\ldots\ldots$

b. گراف کا سلوپ =4 ہو تو جو اسٹیفن کے کلیہ کی تصدق کے لیے گراف سے سلوپ کو معلوم کریں $= \frac{BC}{AB} = \ldots\ldots\ldots\ldots$

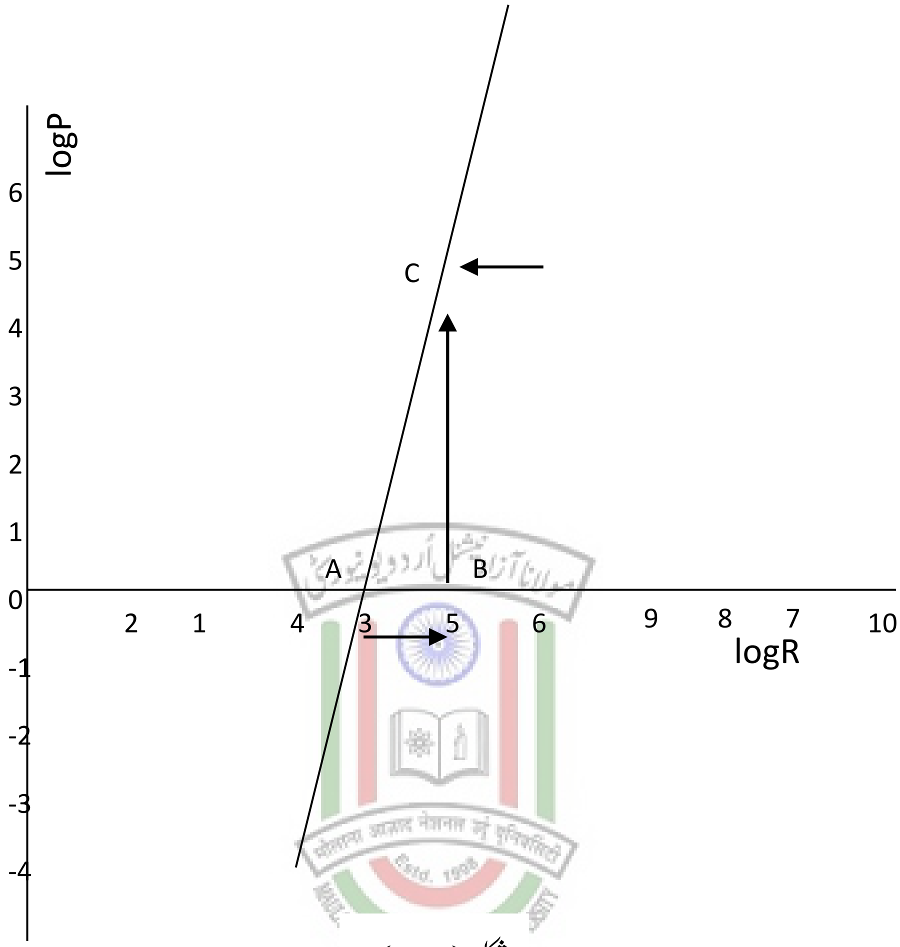
جدول 20.1

S. No.	FilamentVolta ge V_fVolt/فلیمینٹ وولٹیج وی ایف وولٹ	FilamentCurre nt I_fAmp./فلیمینٹ رو	FilamentResistanc e R=V/I/فلیمینٹ ریزسٹنس آر= V/I	PowerRadiated P =VI/پاور P = VI

جدول(20.2)

S. No.	PowerRadiated P =VI/پاور P = VI	logR	LogP

RESULT



شکل(20.4)

20.6 احتیاطی تدابیر (Precautions)

<u>ممکنہ غلطیاں و احتیاطیں:</u>

- پانی سے ٹینک بھرنے سے پہلے ہیٹر کو کبھی آن نہ کریں۔
- ٹینک سے پانی چارج کرنے سے پہلے ہیٹر کو 'آف' کر دیں۔
- تجربہ مکمل ہونے کے بعد پانی نکال دیں۔
- دھاتی قرص، منحنی کی نچلی سطح اور دائروی دھاتی قرص کی اوپری سطح کے درمیان حرارت کے گزرنے کے لیے رابطہ اچھی طرح ہونا ضروری ہے۔

20.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت (Significant of Experiment in Domestic Life)

- Stefan Boltzmann constant کے طبیعیات میں بہت سے استعمالات ہیں۔ ان میں سے کچھ یہ ہیں: یہ تاریک جسم سے خارج ہونے والی حرارت کی مقدار کا حساب لگانے کے لیے استعمال ہوتا ہے۔ یہ درجہ حرارت (K) کو شدت (Wm^{-2}) یونٹس میں تبدیل کر سکتا ہے، جو بنیادی طور پر فی یونٹ رقبہ کی طاقت ہے۔
- Stefan-Boltzmann کلیہ بتاتا ہے کہ سورج اپنے درجہ حرارت کو دیکھتے ہوئے کتنی طاقت دیتا ہے (یا سائنسدانوں کو یہ معلوم کرنے کی اجازت دیتا ہے کہ سورج کتنی گرم ہے اس پر مبنی ہے کہ ایک مربع میٹر میں زمین پر کتنی طاقت آتی ہے)۔ کلیہ یہ بھی پیش گوئی کرتا ہے کہ زمین کتنی حرارت کو خلا میں پھیلائے گی۔

20.8 تجربی نتائج (Experimental Results)

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی
Estd. 1998
MAULANA AZAD NATIONAL URDU UNIVERSITY

نتائج:

- گراف سے ہمیں Slope 4 کے قریب 3.75 ہے۔ اس لیے اسٹیفن کے کلیہ کی تصدیق کے لیے۔

گراف سے سلوپ کو معلوم کریں $= \frac{BC}{AB}$ ....

20.9 کلیدی الفاظ (Key Words)

- **موصلیت:** دیئے گئے تار کے مادے کا نوعی ایصالیت یا σ کے لئے ضابطہ مزاحمت کے مقلوب موصلیت کہلاتی ہے۔
- اسٹیفن کے کیہ کے مطابق سیاہ جسم سے نکلنے والی طاقت اس کے مطلق درجہ حرارت کی چوتھی طاقت کے تناسب ہے۔ یعنی

$$P \propto T^4$$

اپنی معلومات کی جانچ کیجئے (Check your Information Questions)

1. کیامادہ کی موٹائی موصلیت پر اثرانداز ہوتی ہیں؟

....

....

....

....

.2 اسٹیفن کے کیہ کیا مراد ہے؟

....

....

....

....

.3 اسٹیفان کا مستقل قیمت۔۔۔۔۔۔۔۔۔۔ہے۔

....

....

....

....

.4 ایک سیاہ جسم کیا مراد ہے؟

....

....

....

....

Calculations

MAULANA AZAD NATIONAL URDU UNIVERSITY

Calculations

اکائی 21۔ 'لی' کے طریقہ سے حراری موصلیت کی پیمائش

(Measurement of Thermal Conductivity by Lee's method)

اکائی کے اجزا

21.0 تمہید

21.1 مقاصد

21.2 آلات

21.2.1 تشریح آلات

21.3 نظریہ

21.4 طریقہ عمل

21.5 مشاہدہ اور تحسیب

21.6 احتیاطی تدابیر

21.7 روز مرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت

21.8 تجربی نتائج

21.9 کلیدی الفاظ

21.0 تمہید(Introduction)

عام طور پر کہا جاتا ہے کہ ،حراری موصلیت کی پیمائش کرنے کے ممکن صورتوں کی ایک بڑی تعداد موجود ہے۔جو مادہ کی محدود ترتیبوں کے لئے موزوں ہے۔جو واسطہ کے درجہ حرارت اور حراری خصوصیات پر منحصر کرتا ہے۔ حرارت کے اچھے اور خراب موصلوں کے لئے، بالترتیب سب سے زیادہ استعمال ہونے والے طریقے سیریل کا طریقہ کار Searle's method اور لی کی ڈسک (قرص) کا طریقہ Lee's disc method ہے۔

21.1 مقاصد(Objectives)

اس تجربہ میں ہم:

'لی' کا طریقہ کار استعمال کرتے ہوئے ڈسک (قرص) کی شکل میں خراب موصل (گلاس) کی حراری موصلیت (حرارت کے گزرنے کی شرح) کا تعین کرنا۔

21.2 آلات(Apparatus)

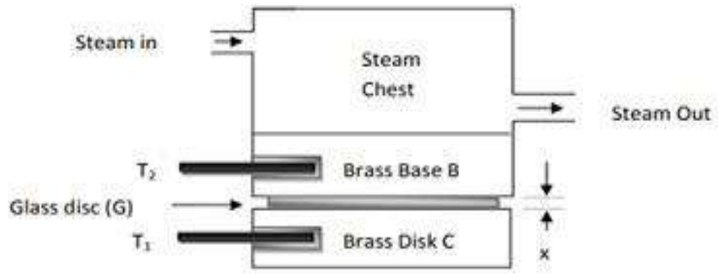
a. لی کے آلات اور ایک ڈسک (قرص) کی شکل میں تجربے کے لئے نمونہ۔
b. دو تھرمامیٹر
c. چل رکنی گھڑی۔
d. ترازو۔
e. خصوصی لیمپ (چراغ) کا اسٹینڈ۔
f. جوش دان.Boiler
g. ہیٹر (گرم کرنے کا آلہ)۔

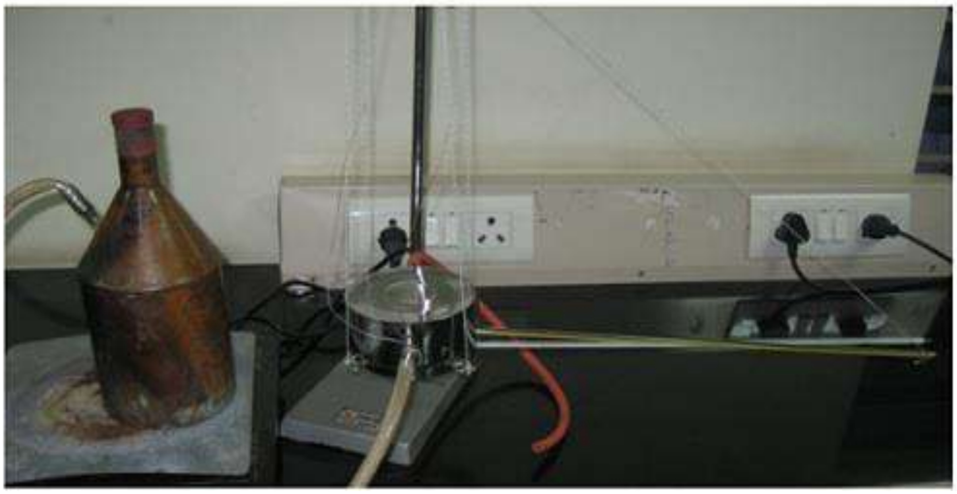
21.2.1 تشریح آلات(Apparatus Explanation)

'لی' کے تجربہ کے لئے آلات کی تفصیل:

شکل (21.1) میں دکھایا گیا آلہ دو حصوں پر مشتمل ہے۔ نچلا حصہ c میں دائروی دھاتی ڈسک ہے، یہ تجرباتی نمونہ G، عام طور پر ربر، گلاس یا ایبونیٹ (یہاں یہ گلاس ہے) پر رکھا جاتا ہے۔G کا قطر C کے برابر ہوتا ہے اور موٹائی پوری طرح یکساں و برابر ہے۔C پر ایک بھاپ کا خانہ (چیمبر) رکھا جاتا ہے۔بھاپ چیمبر کا نچلا حصہ، B بھی C کی طرح ایک ہی قطر کی موٹی دھاتی پلیٹ سے بنا ہو

تا ہے۔اوپری حصہ ایک کھوکھلا چیمبر ہو تا ہے جس میں دونوں جانب نلیاں ہو تی ہیں۔جن سے بھاپ کا بہاؤ اور اخراج ہو تا ہے۔۔دو تھرمامیٹرٹی 1 اور ٹی 2 کو بالترتیب سی اور بی میں دو سوراخوں میں داخل کیا جاتا ہے۔c سے منسلک تین؛ کس ہوتے ہیں۔مکمل سیٹ اپ کو کلیمپ اسٹینڈ سے دھاگوں کو جوڑکر معلق کر دیا جاتا ہے۔





شکل(21.1):حراری موصلیت کی پیمائش

جب بھاپ کچھ وقت کے لئے بہتی ہے تو،درج کردہ درجہ حرارت(ٹی 1 اور ٹی 2) آہستہ آہستہ قائم ہو جاتا ہے یعنی ایک ہی رہتا ہے ۔
یہ قائم حالت steady state کہلاتی ہے۔

فرض کیجئے کے قائم حالت پر C کی تپش $=T_1$

B کی تپش $=T_2$

G کی سطح کا رقبہ $=A$

G کی موصلیت $=K$

G=X کی موٹائی

لہٰذا G سے فی اکائی وقت میں بہنے والی حرارت کی مقدار H کو ہم مساوات ایک (1) میں دیکھ سکتے ہیں. جب T_1 اور T_2 کی تپش مستقل رہتی ہے تب یہ قائم حالت میں رہتی ہے تب پیتل کے قرص میں داخل ہونے والی حرارت کی مقدار اور قرص کے نچلے حصہ سے خارج ہونے والی حرارت کی مقدار مساوی ہوتی ہے۔اور ہم حرارت کے خارج ہونے کی شرح کو معلوم بھی کر سکتے ہیں۔اس مقصد کے لیے ہم کو سابقہ قائم حالت تپش پر قرص C کتنی تیزی سے ٹھنڈی ہوئی اس کو دیکھنا ہو گا (جبکہ پیتل کی قرص غیر موصل سے ڈھکی ہو)۔ہم فرض کرتے ہیں کہ نیچے والی قرص کی کمیت m اور حرارت نوعی S اور تپش T1 ہو تب ٹھنڈا ہونے کی شرح dT/dt ہو گی اور اور فی سیکنڈ خارج ہونے والی حرارت H=msdT/dt ہو گی۔

$$H = ms\frac{dT}{dt}$$

مساوات ایک اور دو کو مساوی اور مختصر کرتے ہوئے ہم k کو معلوم کر سکتے ہیں۔

$$k = \frac{ms\left(\frac{dT}{dt}\right)x}{A(T_2 - T_1)}$$

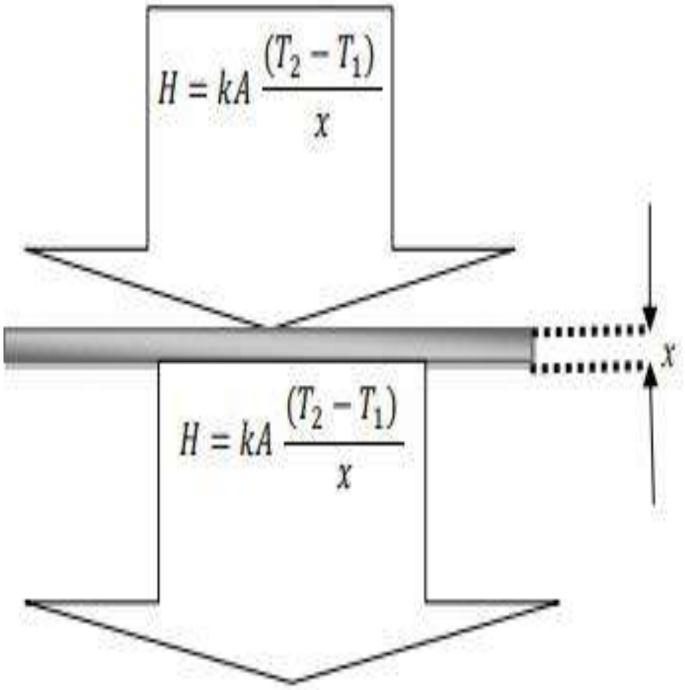
21.3 نظریہ (Theory)

کسی مادے سے حرارت کے گزرنے کی صلاحیت کو بتانے والی خصوصیت کو ThermalConductivity حراری موصلیت (K) کہتے ہیں. جب سالمات آپس میں ایک دوسرے سے ٹکراتے ہیں تب توانائی، زیادہ توانائی رکھنے والے سالمات سے کم توانائی رکھنے والے سالمات میں منتقل ہوتی ہے۔حرارت کے ایصال (گزرنے) کا بہاؤ بھی کم حرارت رکھنے والے جسم کی جانب ہی ہوتا ہے کیونکہ اعلی درجہ حرارت اعلی سالماتی توانائی کے ساتھ منسلک ہوتا ہے۔

فوریئر کا کلیہ حرارت کی موصلیت کی منتقلی کا اظہار اسطرح کرتا ہے۔

$$H = kA\frac{(T_2 - T_1)}{x}$$

جہاں H حرارت کی منتقلی کی مستحکم حالت کی شرح ہے۔اور k نمونہ کی حراری موصلیت، A تراش عمودی کا رقبہ، T_2-T_1 حرارتوں کا فرق، نمونہ کی موٹائی شکل (21.2)



شکل(21.2)

ہم یہ فرض کرتے ہیں کہ نمونے کے پہلوں سے گرمی کا ہونے والا نقصان نہ ہونے کے برابر ہوتا ہے۔ کیونکہ پہلوں سے حرارت کے ہونے والے نقصان کو کم رکھنے کے لئے، نمونہ کے کنارے کو ایک پتلی ڈسک (قرص) کی شکل میں بنایا جاتا ہے۔'A' کو بڑا رکھنے اور 'X' چھوٹا رکھنے سے نمونہ میں توانائی کی منتقلی کی بڑی شرح پیدا ہوتی ہے۔X کو چھوٹا رکھنے سے ایک فایدہ یہ بھی ہوتا ہے کہ اپریٹس ایک قائم حالت تک زیادہ تیزی سے پہنچ جاتا ہے (جہاں جب درجہ حرارت ٹی 1 اور ٹی 2 مستقل ہوتے ہیں)۔

عام طور پر کہا جاتا ہے کہ، حراری موصلیت کی پیمائش کرنے کے ممکن صورتوں کی ایک بڑی تعداد موجود ہے۔جو مادہ کی محدود ترتیبوں کے لئے موزوں ہے۔جو واسطہ کے درجہ حرارت اور حراری خصوصیات پر منحصر کرتا ہے۔ حرارت کے اچھے اور خراب موصلوں کے لئے، بالترتیب سب سے زیادہ استعمال ہونے والے طریقے سیریل کا طریقہ کار Searle's method اور لی کی ڈسک (قرص) کا طریقہ Lee's disc method ہے۔

اس تجربے میں، ہم ایک ناقص موصل (مثال کے طور پر. شیشہ) کی حراری موصلیت کا تعین کرنے کے لئے لی کا ڈسک کا طریقہ، استعمال کریں گے۔

21.4 طریقہ عمل(Procedure)

1. جوش داں میں تقریباً نصف جوش داں تک پانی ڈالیے اور اسے گرم کیجئے تا کہ بھاپ پیدا ہو۔
2. ترازو کی مدد سے C کا وزن معلوم کیجیے۔ اور اس کی حرارت نوعی کو ٹیبل سے نوٹ کیجئے۔ اور اسکیل یا سرل چاپ کی مدد سے قطر معلوم کیجئے۔ اور اگر ممکن ہو تب سطح کا رقبہ بھی معلوم کیجئے۔ $A = \pi r^2$
3. پیچ کے پیمانے کی مدد سے دیئے گئے نمونے کی موٹائی معلوم کیجئے۔ پانچ مقامات سے مشاہدات کو نوٹ کیجئے اور ان کا اوسط معلوم کیجئے
4. اب لیے گئے نمونے کو بھانپ کے خانہ میں رکھیے اور اسٹانڈ سے لٹکائے۔ اب تھرمامیٹر کو داخل کرئے اور کمرے کی تپش پر ان دونوں کی ریڈنگ کا مشاہدہ کیجئے۔ اگر ایسا نہیں ہو پا رہا ہے تب T_2-T_1 کے ساتھ فرق teta کا بعد میں اضافہ کیجئے۔
5. اب بھانپ تیار ہو گئی ہو گی۔ جوش داں سے باہر جانے والے راستے کو ربر کی مدد سے بھاپ کے خانے سے جوڑیے۔
6. پہلے تھرمامیٹر کی تپش میں اضافہ ہو گا پھر آخر کار یہ T_1 اور T_2 قائم ہو جائینگے۔
7. دس منٹ انتظار کیجئے اور قائم تپش کو نوٹ کیجیے۔ اور بھانپ کو اڑنے سے روکئے۔
8. اب بھانپ کہ خانہ اور نمونہ G کو الگ کیجیے۔ C اب بھی لٹک رہا ہو گا.C بھانپ کے خانہ سے اب بھی براہ راست ہو گا جب تک کے تپش $T_1 + 7^0$ نہ ہو.
9. اب بھانپ کے خانہ کو علیحیدہ کیجئے اور دو تین منٹ تک انتظار کیجئے اس طرح کرنے پر حرارت تمام قرص میں یکساں انداز میں منقسم ہو گئی۔
10. C پر غیر موصل مادے کو رکھیں اور تپش کو ہر آدھے منٹ بات ریکارڈ کرنا شروع کیجئے اور جب تک ریکارڈ کرتے رہیں ہے تب تک کہ تپش T_1 سے 10 درجہ تک کم نہ ہو جائے۔

21.5 مشاہدہ اور تحسیب(Observations and Analysis)

مشاہدات:

1. **نمونہ G کی تفصیلات**

a. قطر(سرچاپ یا اسکیل کو استعمال کرتے ہوئے)

جدول (21.1)

سلسلہ نشان	قطر (سمر)	اوسط قطر (سمر)
1		
2		
3		

G کا سطحی رقبہ =A

موٹائی (پیچ پیما کو استعمال کرتے ہو)

جدول(21.2)

پیچ:

اقل ترین شمار:

سلسلہ نشان	ابتدائی ریڈنگ (سمر)	انتہائی ریڈنگ (سمر)	فرق(I-F)(سمر)	اوسط(سمر)
1				
. . .				
5				

2. نچلی قرص کی تفصیلات:

قرص کی کمیت:m

مادہ کی حرارت نوعی: $s = \frac{380J}{kg.°C}$

3. تھرمامیٹر کی تصحیح:

ریکارڈ کئے گئے کمرے کی تپش بھی T_1:

ریکارڈ کئے گئے کمرے کی تپش T_2 :

تھرمامیٹر کی تصحیح= $T_1 - T_2$

4. قائم تپش:

C کی تپش=

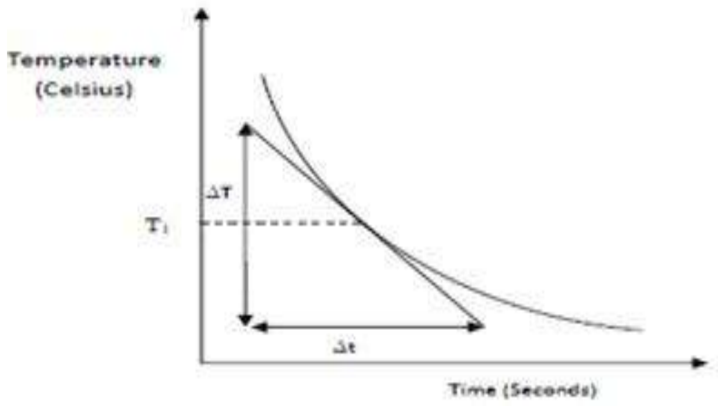
B کی تپش=

تھرمامیٹر کی غلطی کا شمار, فرق= $\theta + T_1 - T_2 =$

جدول (21.3)

وقت (منٹ)	0	2/1	1	..	...	...			
تپش (c)									

ترسیم:-



شکل(21.3)

جدول(21.3)سے معطیات کو حاصل کرتے ہوئے وقت اور تپش کے درمیان ٹھنڈک کو ظاہر کرنے والی منحنی کو اتارتے ہوئے ڈھال کو معلوم کرتے ہیں۔

قائم تپش T1 پر ڈھال $\frac{dT}{dt} = \frac{\Delta T}{\Delta t}$

تحسیب: k=

غلطی کا تعین و تجزیہ:

$$\frac{\Delta K}{K} = \sqrt{\left(\frac{\Delta\left(\frac{dT}{dt}\right)}{\frac{dT}{dt}}\right)^2 + \left(2\frac{\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T_2 + \Delta T_1}{T_2 - T_1}\right)^2}$$

تبریدی منحنیcooling curve کے مشاہدات

جدول(21.4)

مشاہدات کی تعداد	1	2	3	4	5	6	...	...	جب تک کے تپش T1 سے 10 درجہ تک نہ پہنچ جائے
وقت (سکنڈ میں)									
قرص کی تپش									

T_1 کے مطابق ٹھنڈا ہونے کی شرح dT/dt ....درجہ سلسیس فی سکنڈ

حراری موصلیت کا شرح:

$$k = \frac{ms\left(\frac{dT}{dt}\right)x}{A(T_2 - T_1)}$$

21.6 احتیاطی تدابیر (Precautions)

ممکنہ غلطیاں و احتیاطیں:

1. تپش کو دس منٹ تک قائم رہنے سے قبل T_1 اور T_2 کو مت درج کیجئے۔
2. تبریدی منحنی cooling curve سے مماس tangent کھینچتے وقت کافی احتیاط سے کام لیں۔ dT/dt میں غلطی کے سبب k کی قدر درست نہیں حاصل ہوتی ہے۔

3. G اور C کی سطح کے رابطے میں آنے پر کناروں پر سے اشعاعی نقصان ممکن ہے۔اس لئے قرص S کا قطر اس کی موٹائی سے کافی بڑا ہونا چاہیے۔

4. کمرے کی تپش تجربہ کے دوران تبدیل ہو سکتی ہیں اس لئے تجربہ جلد مکمل کرنا چاہیے۔

5. غیر موصل قرص کا قطر دھاتی قرص و منخنی جسم کے برابر ہونا چاہیے۔

6. تھرمامیٹر کو نمونے کی سطح کے بالکل قریب رکھنا چاہیے۔

7. دھاتی قرص، منخنی کی نچلی سطح اور دائروی دھاتی قرص کی اوپری سطح کے درمیان حرارت کے گزرنے کے لیے رابطہ اچھی طرح ہونا ضروری ہے۔

8. T_1 اور T_2 کی تپش کو دس منٹ تک قائم رہنے سے قبل قائم حالت کی تپش مت درج کیجئے۔

21.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت (Significant of Experiment in Domestic Life)

- مزاحمت کے مقابل تپش کی ترسیم کو لچھے کی مزاحمت معلوم کرکے ایک گرو پن جنتر (Hot water bath) کی تپش معلوم کرنے کے لئے استعمال کیا جاسکتا ہے۔جب کہ لچھا جنتر میں ڈوبا ہوا ہو۔
- لی کا طریقہ ناقص طریقے سے چلنے والے مواد جیسے شیشے، لکڑی یا پولیمر کی تھرمل چالکتا کی پیائش کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔یہ تھرمل چالکتا کی پیائش کے لیے استعمال ہونے والے ابتدائی طریقوں میں سے ایک تھا جس نے قابل اعتماد نتائج دیے اور یہ ایک مستحکم ریاستی طریقہ ہے۔

21.8 تجربی نتائج (Experimental Results)

نتائج:

نچلی قرص کی تفصیلات:

قرص کی کمیت: m

مادہ کی حرارت نوا عی: $s = \frac{380J}{kg.°C}$

تھرمامیٹر کی تصحیح:

ریکارڈ کئے گئے کمرے کی تپش بھی: T_1

ریکارڈ کئے گئے کمرے کی تپش: T_2

تھرمامیٹر کی تصحیح= T_1-T_2

قائم تپش:

C کی تپش=

B کی تپش=

تھرمامیٹر کی غلطی کا شمار, فرق= $\theta + T_1 - T_2 =$

تحسیب: =k

21.9 کلیدی الفاظ (Key Words)

- **موصلیت:** دیئے گئے تار کے مادے کا نوعی ایصالیت یا σ کے لئے ضابطہ مزاحمت کے مقلوب موصلیت کہلاتی ہے۔

اپنی معلومات کی جانچ کیجئے (Check your Information Questions)

1. کیا مادہ کی موٹائی موصلیت پر اثر انداز ہوتی ہیں؟

....

....

....

2. بتلائے کہ لی کا قرص کا طریقہ کار اچھے موصل کی موصولیت کو معلوم کرنے کے لئے مناسب نہیں ہے؟

....

....

....

....

3. کیوں ناقص موصل پتلے ہوتے ہیں؟

....

....

....

....

ناقص مادوں کی حراری موصلیت کی شرح کے معیاری قدریں:

ناقص مادہ	حراری موصولیت کی قدر
0.026	پولیسٹیرینی فوم Polystyrene foam
0.113	لکڑی-صنوبر Wood -Pine
0.138	قدرتی ربر Natural rubber
0.251	تفلن Teflon
0.469	Packed snow بستہ برف
1.13	Pyrex glass شیشہ پائیر یکس
1.506	Wet soil گیلی مٹی
6.694	مینگنیز Manganese
13.389	Stainless steel اسٹینلیس سٹیل
34.3	lead سیسہ

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

Calculations

Calculations

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی
मौलाना आज़ाद नेशनल उर्दू यूनिवर्सिटी
Estd. 1998
MAULANA AZAD NATIONAL URDU UNIVERSITY

اکائی 22۔ پلیٹینم مزاحمت تپش پیما

(Platinum Resistance Thermometer)

اکائی کے اجزا

22.0 تمہید

22.1 مقاصد

22.2 آلات

22.2.1 تشریح آلات

22.3 نظریہ

22.4 طریقہ عمل

22.5 مشاہدہ اور تحسیب

22.6 احتیاطی تدابیر

22.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت

22.8 تجربی نتائج

22.9 کلیدی الفاظ

22.0 تمہید(Introduction)

پلیٹینم ریزسٹنس تھرمامیٹر (PRT) پلیٹینم تار کا ایک ٹکڑا ہے جو اس کی برقی مزاحمت کی پیائش کرکے درجہ حرارت کا تعین کرتا ہے۔ اسے درجہ حرارت سینسر کہا جاتا ہے۔ جب احتیاط سے تیار کیا جاتا ہے، تو یہ آلات حساسیت، رینج اور تولیدی صلاحیت کا بہترین امتزاج پیش کرتے ہیں۔

پلیٹینم فلم کو RTDs کی تعمیر میں استعمال کیا جاتا ہے کیونکہ یہ مستحکم ہے، دوبارہ قابل اور قابل پیائش نتائج فراہم کرتی ہے اور درجہ حرارت کی ایک وسیع رینج ہے۔ جس طرح سے RTDs کی تعمیر کی جاتی ہے وہ انہیں سخت حالات میں زیادہ ناہموار اور قابل اعتماد بناتی ہے اسی لیے اسے صنعتی اور اہم ایپلی کیشنز میں استعمال کیا جاسکتا ہے۔

کیری فوسٹر کا پل دراصل میٹری پل کا ایک ترمیم شدہ شکل ہے۔ پل کے تار کی لمبائی میں اصنفہ کرکے ایک میٹری پل سے صحیح قیمت حاصل کرنے کی صلاحیت کو بڑھایا جاسکتا ہے۔ ایک کیری فوسٹر کے پل میں تار کے طول میں حقیقی اضافہ کے بغیر پل کے تار کی موثر لمبائی کو بڑی حد تک بڑھایا جاسکتا ہے۔

22.1 مقاصد(Objectives)

اس تجربہ میں ہم:

(i) نوعی مزاحمت

(ii) پلیٹینم تار کے مادے کی نوعی ایصالیت،

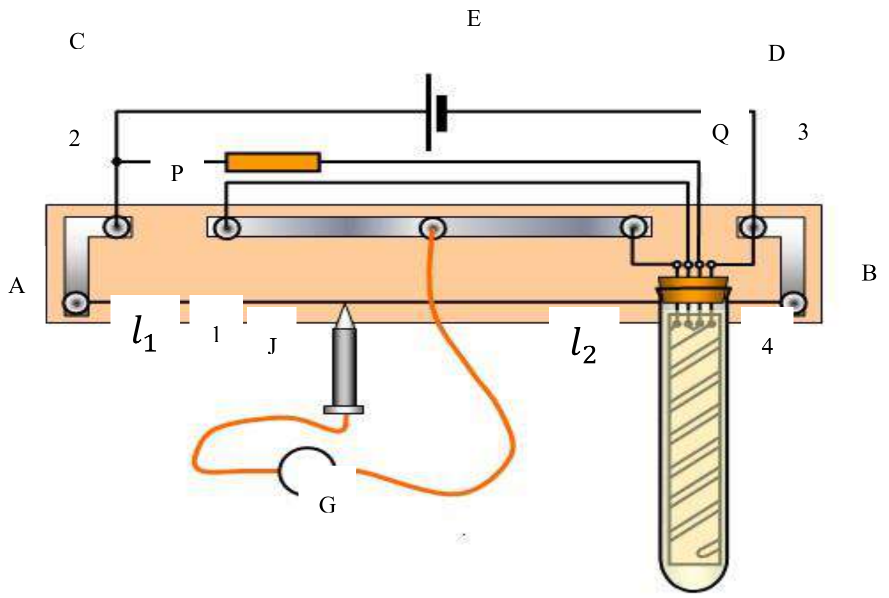
(iii) تپش کے لحاظ سے شرح تبدیلی مزاحمت کو معلوم کریں گے۔

22.2 آلات(Apparatus)

- کیری فوسٹر کا پل،
- ایک مزاحمت کا ڈبہ،
- ایک جاکی(Jockey)،
- ایک برقی چولہا،
- ایک بیکر معہ پانی،
- ایک روپیما جس کے پیمانے کا صفر مرکز ہو،
- دو مساوی مزاحمتیں،
- ایک بڑی مزاحمت،
- بیاٹری،
- ایک تپش پیما،
- ایک ڈاٹ کنجی اور پلیٹینم تار،

22.2.1 تشریح آلات(Apparatus Explanation)

ایک کیری فوسٹر کے پل میں تار کے طول میں حقیقی اضافہ کے بغیر پل کے تار کی موثر لمبائی کو بڑی حد تک بڑھایا جاسکتا ہے۔اس کو حاصل کرنے کے لئے مزید دو درز بموجب شکل(22.1) 1 اور 4 پل کے تار DE کے ساتھ ہم سلسلہ بنائے جاتے ہیں۔



شکل(22.1)

P اور Q یکساں قیمت والے دو معیاری مزاحمتیں ہیں۔1 اور 4 پل کے درمیان ایک بیکر معہ پانی اور پلیٹینم مزاحمت جھوڑ دئے گئے ہیں۔ قوت محرکہ رقی E والی بیاٹری ایک کنجی(key) کے ذریعہ AB کے درمیان جوڑی گئی ہے۔نقطہ B ایک حساس روپیما G اور ایک بڑی مزاحمت(H.R) سے ایک جاکی(J) کو جوڑا گیا ہے۔X اور Y دو تقریباً مساوی مزاحمتیں ہیں۔ جہاں X دیئے گئے لچھے کی وہ مزاحمت ہو جس کی قیمت معلوم کرنا ہو اور Y عموماً ایک ڈائیل والے مزاحمت ڈبے کی مزاحمت ہے۔ مزاحمت X بشمول پل کے تار کے طول l_1 کی مزاحمت کے ویٹشوں کے پل کے ایک بازو کی مزاحمت تشکیل دیتی ہے۔اسی طرح مزاحمت بشمول پل کے تار کے Y طول l_2 کی مزاحمت کے ویٹشون کے پل کے دوسرے بازو کی مزاحمت کی تشکیل دیتی ہے یعنی $l_2 = (100 - l_1)$

22.3 نظریہ (Theory)

کیری فوسٹر کا پل در اصل میٹری پل کا ایک ترمیم شدہ شکل ہے۔ پل کے تار کی لمبائی میں اصنفہ کر کے ایک میٹری پل سے صحیح قیمت حاصل کرنے کی صلاحیت کو بڑھایا جاسکتا ہے۔ ایک کیری فوسٹر کے پل میں تار کے طول میں حقیقی اضافہ کے بغیر پل کے تار کی موثر لمبائی کو بڑی حد تک بڑھایا جاسکتا ہے۔ اس کو حاصل کرنے کے لئے مزید دو درز بموجب شکل (22.1) 1 اور 4 پل کے تار DE کے ساتھ ہم سلسلہ بنائے جاتے ہیں۔

P اور Q یکساں قیمت والے دو معیاری مزاحمتیں ہیں۔ 1 اور 4 پل کے درمیان ایک بیکر معہ پانی اور پلیٹینم مزاحمت جھوڑ دئے گئے ہیں۔ قوت محرکہ برقی E والی بیاٹری ایک کنجی (key) کے ذریعہ AB کے درمیان جوڑی گئی ہے۔ نقطہ B ایک حساس روپیما G اور ایک بڑی مزاحمت (H.R) سے ایک جاکی (J) کو جوڑا گیا ہے۔ X اور Y دو تقریباً مساوی مزاحمتیں ہیں۔ جہاں X دیئے گئے لچھے کی وہ مزاحمت ہو جس کی قیمت معلوم کرنا ہو اور Y عموماً ایک ڈائیل والے مزاحمت ڈبے کی مزاحمت ہے۔ مزاحمت X بشمول پل کے تار کے طول l_1 کی مزاحمت کے ویٹشٹوں کے پل کے ایک بازو کی مزاحمت تشکیل دیتی ہے۔ اسی طرح مزاحمت بشمول پل کے تار کے Y طول l_2 کی مزاحمت کے ویٹشٹون کے پل کے دوسرے بازو کی مزاحمت کی تشکیل دیتی ہے یعنی $l_2 = (100 - l_1)$

جب کے مزاحمتیں ρ اور Q دو دوسرے بازو ہیں۔

i. لہذا ρ کی قیمت معلوہو تو فرق $x - y$ کی قیمت ذیل مساوات سے معلوم کی جاسکتی ہے۔

$$X - y = (l_2 - l_1)\rho \text{--------(22.1)}$$

جہاں $resistivity\ of\ wire = \rho$

ii. ρ کے لئے ضابطہ: پل کے تار کی خطی مزاحمت معلوم کرنے کے لئے درز 4 پل کو قصر دور (Short Circuits) کر دیجئے یعنی $y = 0$ ہو جائے تب مساوات ρ بن جائے گی۔

$$\rho = \frac{X}{l_2 - l_1} \text{--------(22.2)}$$

اس مساوات میں l_1 اور 'X' کی قیمتیں معلوم ہوں تو ρ کو محسوب کیا جاسکتا ہے۔

غیر معلوم مزاحمت 'x' کے لئے ضابطہ: فرض کیجئے کہ درز پل میں یا کہ غیر معلوم مزاحمت 'X' جوڑی گئی ہے جب کہ '4' پل میں ایک معلوم مزاحمت 4 موجود ہے تب ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$X = y + (l_2 - l_1)\rho \text{-------(22.3)}$$

اس مساوات میں بھی l_1, Y کی قیمتیں معلوم ہوں تو X کی قیمت کو معلوم کیا جاتا ہے۔

iii. مزاحمت (Resistivity) یا نوعی مزاحمت (Specific Resistance) دیئے گئے تار کے مادے کی مزاحمت 'S' ہوتا ہے۔

$$S = \frac{X\pi r^2}{L} \text{----------(22.4)}$$

جہاں X– دیئے گئے تار کی مزاحمت، L- دیئے گئے تار کا طول

r- دیئے گئے تار کا نصف قطر

دیئے گئے تار کے مادے کا نوعی ایصالیت یا σ کے لئے ضابطہ مزاحمت کے مقلوب موصیلیت کہلاتی ہے۔

$$\sigma = \frac{1}{S} = \frac{L}{X\pi r^2} \quad (22.5)$$

تپش کے لحاظ سے شرح تبدیلی مزاحمت کے لئے ضابطہ ∝:

ایک دھاتی تار کی مزاحمت تپش کے ساتھ بڑھتی ہے۔ اگر تپش $t_1{}^0C$ اور $t_2{}^0C$ پر دیئے گئے تار کی مزاحمتیں X_1 اور X_2 میں دیئے گئے تار کی تپش کے لحاظ سے شرع تبدیلی مزاحمت ∝ کو یوں ظاہر کیا جاتا ہے۔

$$\propto = \frac{X_2 - X_1}{X_1 t_2 - X_2 t_1} \quad (22.6)$$

مساوات (22.3) کو مساوات (22.6) میں درج کرنے پر

$$X_2 - X_1 = 2(l_1 - l_2)\rho$$

$$X_2 = X_1 + 2(l_1 - l_2)\rho \quad (22.7)$$

اس مساوات سے X_1 معلوم م کرنے کے بعد کسی بھی تپش t_2 پر تار کی مزاحمت X_2 معلوم کی جاسکتی ہے۔ اس طرح اگر $X_1, X_2, t_1{}^0C, t_2{}^0C$ معلوم ہوں تو تپش کے لحاظ سے شرح تبدیلی مزاحمت ∝ محسوب کی جاسکتی ہے۔

22.4 طریقہ عمل (Procedure)

یہ تجربہ تین حصوں میں انجام دیا جاتا ہے۔

I. پل کے تار کے فی اکائی طول مزاحمت معلوم کرنا:

i. دور کے خاکے شکل (22.1) کے مطابق دور کو مکمل کریجئے۔ درز '3' میں کی جگہ ایک مزاحمت کا صندوق جوڑیے جس میں کسری موجود ہوں۔ بموجب شکل قوت محرکہ برقی E والی ایک بیاٹری کو ڈاٹ کنجی کے ذریعہ جوڑیئے۔ درزیں '1' اور '2' میں دو مساوی مزاحمتیں

ii. P اور Q جوڑ دیجئے۔ ایک بلند مزاحمت کے ذریعے نقطہ B سے اور جاکی J کے درمیان ایک حساس روپیما 4 بھی جوڑیئے۔ تانبے کی ایک موٹی پٹی کے ذریعے درز پل کو قصر دور (Short Circuit) کیجئے۔

iii. X کی قیمت کو استعمال کر کے روپیما اور بڑی مزاحمت کو ہم سلسلہ استعمال کرتے ہوئے توازن کا تقریبی نقطہ معلوم کیجئے۔ بڑی مزاحمت کو قصر دور کر کے قطعی توازن کا نقطہ معلوم کیجئے۔ اسکیل پر متوازن طول l_1 کو محسوب کریں۔ اس تجربے کو X کی مختلف قیمتوں کے لئے دہرایئے اور ہر بار متوازن طولوں کو معلوم کیجئے۔

.iv اب کسری مزاحمت کا ڈبہ اور تانبے کی موٹی پٹی کو باہم بدل دیجئے۔ مذکورہ بالا طریقے سے X کو استعمال کر کے بار متوازن طول l_2 معلوم کیجئے۔ مشاہدات کو جدول (22.1) میں درج کریں۔ ہر صورت میں ρ کی قیمت معلوم کریں اور پھر ρ کی اوسط قیمت محسوب کریں۔

.II دیئے گئے لچھے کی کمرے کی تپش پر مزاحمت X_1 محسوب کرنا:

.i کمرے کی تپش $t_1{}^0C$ کو نوٹ کریں۔

.ii دیئے گئے لچھے کو درز '3' میں اور معیاری مزاحمت کے ڈبے کو درز '4' میں جوڑیئے۔

.iii لچھے کو جوڑ دیجئے جس کی مزاحمت X_1 کو کمرے کی تپش $t_1{}^0C$ پر درز '3' میں معلوم کرنا مقصود ہے۔ درز '4' میں معیاری نقطے پر دبائے رکھ کر مزاحمت کے ڈبے سے ایک مزاحمت Y ڈاٹ کی مدد سے نکال دیجئے اس طرح کہ روپیا میں انصراف تقریباً صفر ہو۔ r کی قیمت کو نوٹ کیجئے۔ قطعی صفر کا نقطہ حاصل کرنے کے لئے جاکی کو AB پر حرکت دیجئے۔ توازن کے طول $AJ = l_1$ کی پیائش کیجئے۔ اب دیئے گئے لچھے اور معیاری مزاحمت کے ڈبے کو (اس میں مزاحمتوں کو تبدیل کئے بغیر) باہم بدل دیجئے۔ پھر سے پل کے تار کا اسی سرے سے توازنی طول l_2 معلوم کیجئے۔

.iv ذیل کے ضابطے سے کمرے کی تپش پر لچھے کی مزاحمت X_1 کو محسوب کیجئے۔

$$X_1 = Y + \rho(l_2 - l_1) \quad .i$$

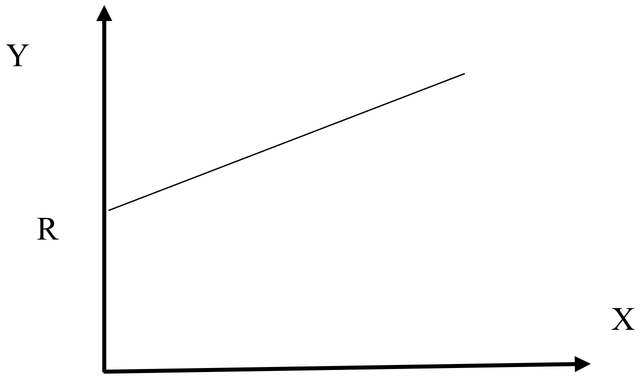
اور مشاہدات کو جدول (b) میں درج کیجئے۔

.v ایک بار پھر مزاحمت کے لچھے اور معیاری مزاحمت کے ڈبے کو باہم بدل دیجئے۔ ایک بار پھر کمرے کی تپش $t_1{}^0C$ پر توازنی طول l_1 نوٹ کریں۔ اب لچھے کو 100^0C تک گرم کریں لچھے کو کمرے کی تپش تک ٹھنڈا ہونے دیجئے۔ توازنی طول l_2 کو تار کے بائیں جانب سے یعنی $70^oC, 60^oC, \ldots$ پر نوٹ کریں۔ مشاہدات کو جدول (22.2) میں درج کریں۔ مختلف $t_1{}^0C$ پر لچھے کی مزاحمت محسوب کریں۔

.vi مزاحمت کی مقابل تپش کی ایک ترسیم بنائیے۔ ترسیم ایک خط مستقیم ہوگی۔ ترسیم سے تپشوں $t_1{}^0C$ اور $t_2{}^0C$ پر لچھے کی مزاحمتیں X_1 اور X_2 حاصل کریں۔ اس کے بعد مذکورہ بالا مساوات سے دیئے گئے۔ لچھے کی مزاحمت کی شرح، تپش محسوب کریں۔

.vii دیئے گئے تار کا طول 'L' نوٹ کریں۔

.viii ایک کردہ پیا کو استعمال کر کے دیئے گئے تار کا اوسط نصف قطر 'r' معلوم کریں۔



شکل(22.2)

22.5 مشاہدہ اور تحسیب(Observations and Analysis)

مشاہدات:

I. پل کے تار کی خطی مزاحمت معلوم کرنے کے لئے

جدول(22.1)

نشان سالمے	معیاری مزاحمت $\times \Omega$	مزاحمت Y	توازنی طول		$\rho = \frac{X}{{l_2}^1 - {l_1}^1} \Omega cm^{-1}$
			4 میں x کے ساتھ l_2	3 میں X کے ساتھ l_1	

ρ کی اوسط قیمت $= - - - - \Omega cm^{-1}$

II. کمرے کی تپش پر دیئے گئے لچھے کی مزاحمت X_1 معلوم کرنے کے لئے

جدول(22.2)

سلسلہ نشان	صندوق میں شامل کی ہوئی معیاری مزاحمت $y(\Omega)$	توازنی طول		$X_1 = Y_1 + (l_2 - l_1)\rho\Omega$
		3میں دئے گئے لچھے کی ساتھ l_2	4میں دئے گئے لچھے کے ساتھ l_1	

X_1 کی اوسط قیمت $- - - - - \Omega$

a. کمرے کی تپش $t_1{}^0C = - - - - - - C^0$

b. خطی مزاحمت $\rho - - - - - - - -$

c. مزاحمت کے صندوق میں شامل کردہ مزاحمت $Y = - - - - - - - \Omega$

d. کمرے کی تپش $t_1{}^0C$ پر توازنی طول $l_1 = - - - - - - cm$

III. مختلف تپشوں پر مزاحمت معلوم کرنے کے لئے

جدول (22.3)

سلسلہ نشان	تپش C	'3' میں لچھے کے ساتھ توازنی طول l_2	مزاحمت میں اضافہ $2(l_1 - l_2)\rho\Omega$	$X_2 = X_1 + 2\rho(l_1 - l_2)\Omega$

a. ترسیم سے $t_1{}^0C$ پر مزاحمت $X_1 = - - - - - - - \Omega$

b. ترسیم سے $t_2{}^0C$ پر مزاحمت $X_2 = - - - - - - - \Omega$

c. تپش کے لحاظ سے شرح تبدیلی مزاحمت $\propto = - - - - - - - -$

d. مزاحمت $\rho = -------\ \Omega$

e. موصیلیت $\sigma = ----------\ moh$

22.6 احتیاطی تدابیر (Precautions)

- توازنی طولوں کو پل کے تار کے بائیں سرے سے ناپئے۔
- کنجی کو لمبے وقفوں کے لئے بند نہ کریں تا کہ پل کے تار کے غیر ضروری گرم ہو جانے سے بچا جاسکے۔
- عمدہ برقی تماس کے لئے لچے دار بندوں اور تانبے کی پٹیوں کو ریگ مال سے گھس لیجئے۔

22.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت (Significant of Experiment in Domestic Life)

- جسمانی درجہ حرارت طبی یا طبی تھرمامیٹر سے ماپا جاتا ہے۔لیبارٹری تھرمامیٹر گرم ٹھوس اور مائعات کے کمرے کے درجہ حرارت کا تعین کرنے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔ انفراریڈ تھرمامیٹر دور سے ریڈنگ لے سکتے ہیں۔ ریستوران بیکنگ اور کھانا پکانے کے لیے برتنوں کے درجہ حرارت کی نگرانی کے لیے تھرمامیٹر کا استعمال کرتے ہیں۔
- مزاحمت کے مقابل تپش کی ترسیم کو لچھے کی مزاحمت معلوم کر کے ایک گرو پن جنتر (Hot water bath) کی تپش معلوم کرنے کے لئے استعمال کیا جاسکتا ہے۔ جب کہ لچھا جنتر میں ڈوبا ہوا ہو۔

22.8 تجربی نتائج (Experimental Results)

نتائج:

1. پل کے تار کی خطی مزاحمت معلوم کرنے کے لئے

ρ کی اوسط قیمت $= ----\ \Omega cm^{-1}$

2. کمرے کی تپش پر دیئے گئے لچھے کی مزاحمت X_1 معلوم کرنے کے لئے

i. کمرے کی تپش $t_1{}^0C = -------\ C^0$

ii. خطی مزاحمت ρ --------

iii. مزاحمت کے صندوق میں شامل کردہ مزاحمت $Y = -------\ \Omega$

iv. کمرے کی تپش $t_1{}^0C$ پر توازنی طول $l_1 = ------\ cm$

3. مختلف تپشوں پر مزاحمت معلوم کرنے کے لئے

i. ترسیم سے $t_1{}^0C$ پر مزاحمت $X_1 = - - - - - - - \Omega$

ii. ترسیم سے $t_2{}^0C$ پر مزاحمت $X_2 = - - - - - - - \Omega$

iii. تپش کے لحاظ سے شرح تبدیلی مزاحمت $\propto = - - - - - - - -$

iv. مزاحمت $\rho = - - - - - - - \Omega$

v. موصیلیت $\sigma = - - - - - - - - - moh$

22.9 کلیدی الفاظ (Key Words)

- **کیری فوسٹر کا پل:** کیری فوسٹر کا پل دراصل میٹری پل کا ایک ترمیم شدہ شکل ہے۔
- **موصیلیت:** دیئے گئے تار کے مادے کا نوعی ایصالیت یا σ کے لئے ضابطہ مزاحمت کے مقلوب موصیلیت کہلاتی ہے۔

اپنی معلومات کی جانچ کیجیے (Check your Information Questions)

1. ایک تار کی خطی مزاحمت سے کیا مراد ہے۔

....

....

....

....

2. مزاحمت کو بیان کرو۔

....

....

....

....

3. پل کے تار کو کیو یکساں ہونا چاہئے۔

....

....

....

....

4. پل کی حساسیت کس طرح P پر منحصر ہے؟

....

....

....

....

5. اگر ρ اور Q قطعی مساوی نہ ہوں تو کیا آپ یہ تجربہ انجام دے سکتے ہیں۔

....

....

....

....

Calculations

MAULANA AZAD NATIONAL URDU UNIVERSITY
Estd. 1998

Calculations

اکائی 23۔ حرارت جفت

(Thermocouple)

اکائی کے اجزا

23.0 تمہید

23.1 مقاصد

23.2 آلات

23.2.1 تشریح آلات

23.3 نظریہ

23.4 طریقہ عمل

23.5 مشاہدہ اور تحسیب

23.6 احتیاطی تدابیر

23.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت

23.8 تجربی نتائج

23.9 کلیدی الفاظ

23.0 تمہید(Introduction)

تھر موکوپل، جسے تھرمل جنکشن، تھرموالیکٹرک تھرمامیٹر، یا تھرمل بھی کہا جاتا ہے، درجہ حرارت کی پیائش کرنے والا ایک آلہ جس میں مختلف دھاتوں کی دو تاریں ہر سرے پر جڑی ہوتی ہیں۔ ایک جنکشن رکھا جاتا ہے جہاں درجہ حرارت کی پیائش کی جاتی ہے، اور دوسرے کو مسلسل کم درجہ حرارت پر رکھا جاتا ہے۔

تھر موکوپل درجہ حرارت کی پیائش کے لیے ایک آلہ ہے۔ یہ دو مختلف دھاتی تاروں پر مشتمل ہے جو ایک ساتھ مل کر ایک جنکشن بناتے ہیں۔ جب جنکشن کو گرم یا ٹھنڈا کیا جاتا ہے، تو تھر موکوپل کے برقی سرکٹ میں ایک چھوٹا سا وولٹیج پیدا ہوتا ہے جس کی پیائش کی جاسکتی ہے، اور یہ درجہ حرارت سے مطابقت رکھتا ہے۔

جب دو غیر مماثل(Dissimilar)دھاتوں سے ایک دور (Circuit) تشکیل دیا جاتا ہے اور ان دھاتوں کے جنکشن دو مختلف تپشوں پر برقرار رکھے جاتے ہیں تو دور میں ایک قوت محرکہ برق یاemfپیدا ہوتی ہے۔ یہ سی بیک اثر(Seebeck effect) کہلاتا ہے۔ تانبے کانسٹانٹن تاروں یا تانبے۔لوہے کے تاروں کو استعمال کرکے ایک حراری جفت تیار کیا جاتا ہے۔

23.1 مقاصد(Objectives)

اس تجربہ میں ہم:

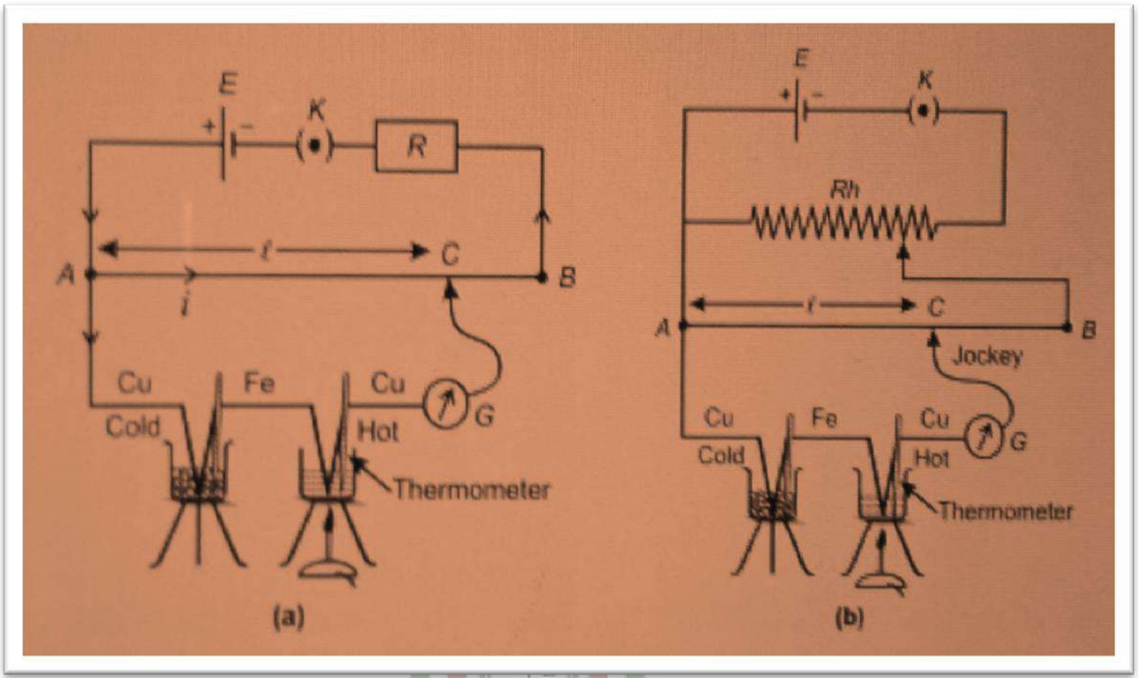
- ایک حراری جفت میں گرم اور سرد جنکشنوں کے درمیان مختلف تپشی فرق کے لئے پیدا ہونے والے حراری قوت محرکہ برق کو معلوم کرنا۔

23.2 آلات(Apparatus)

- ایک قوں پیما، 2یا3ذخیرہ خانے(2وولٹ کے)،
- ایک معیاری کیڈمیم کا خانہ $10000\Omega - 0$ رینج والے دو مزاحمت کے ڈبے،
- ایک ڈاٹ کنجی،
- ایک مقوم،
- تانبے کانسٹانٹن یا تانبے
- لوہے کا حراری جفت ایک حساس روپیما، بلند مزاحمت اور واصل تار

23.2.1 تشریح آلات (Apparatus Explanation)

تانبے کانسٹانٹن تاروں یا تانبے۔لوہے کے تاروں کو استعمال کرکے ایک حراری جفت تیار کیا جاتا ہے۔اس کا خیال رکھا جاتا ہے کہ یہ تار صرف جنکشن پر ہی جوڑے جائیں اور اس سے ہٹ کر کہیں اور نہ جوڑے جائیں



شکل (23.1)

اس مقاصد کے حصول کے لئے ان تاروں میں سے ایک تار کو شیشے کی نلی سے گزارا جاتا ہے اور پھر تار کو مروڑتے ہوئے اور ایک برقی قوس (Electric arc) میں اس کو پگھلاتے ہوئے ایک جنکشن تیار کیا جاتا ہے۔

23.3 نظریہ (Theory)

جب دو غیر مماثل (Dissimilar) دھاتوں سے ایک دور (Circuit) تشکیل دیا جاتا ہے اور ان دھاتوں کے جنکشن دو مختلف تپشوں پر برقرار رکھے جاتے ہیں تو دور میں ایک قوت محرکہ برق یا emf پیدا ہوتی ہے۔یہ سی بیک اثر (Seebeck effect) کہلاتا ہے۔ پیدا شدہ emf حراری emf کہلاتا ہے۔دو جنکشنوں کے درمیانی تپش میں فرق آنے سے یہ تبدیل ہو جاتا ہے۔فرض کیجئے کہ ایک جنکشن 0 پر رکھا گیا ہے تب حرارتی emf کو اس طرح ظاہر کیا جائے گا۔ $E = At + Bt^2$

جہاں A اور B مستقلات ہیں اور t گرم جنکشن کی تپش درجہ سیلیٹس میں، کو تعبیر کرتا ہے، emf کی سمت کا انحصار حراری جفت میں مستعمل دھات کی نوعیت پر ہوتا ہے۔

23.4 طریقہ عمل (Procedure)

آپ کو یہ تجربہ تین حصوں میں انجام دینا ہے۔

a. قوں پیما کے تار کی مزاحمت معلوم کرنا۔

b. قوں پیما کی پیمانہ بندی۔

c. ایک دیئے گئے حراری جفت کے حراری قوت محرکہ برق کی پیمائش۔

a. ایک قوں پیما کے تار کی مزاحمت معلوم کرنا:

ذیل کی شکل میں دکھائے گئے طریقے پر دور کو جوڑ دیئے۔ AB ایک قوں پیما ہے جس کو ایک ذخیرہ خانے E ڈاٹ کنجی K مقوم Rh اور دو مزاحمتوں کے ڈبوں P اور Q جس میں ہر ایک $10000\Omega - 0$ مزاحمت رکھتا ہے۔ اور ایسے ہم سلسلہ طور پر جوڑ دے۔ معیاری کیڈمیم خانے کے مثبت سرے کو مزاحمتی ڈبوں P اور Q کے جنکشن کے سرے C سے جوڑا گیا ہے۔ جب کہ جاکی کو ایک حساس روپیما G اور ایک بلند مزاحمت HR کے ذریعہ معیاری خانے کے منفی سرے سے مربوط کیا گیا ہے۔ حسب سابق جاکی کی مدد سے جوڑوں کی جانچ کرلیجئے اور A اور B پر درست قطبین کی موجودگی کا تیقین کرلیجئے۔

اب P میں مزاحمت صفر رکھے O اوم اور Q میں 5 اوم کی مزاحمت کا انتخاب کیجئے۔ قوں پیما کے تار AB پر مختلف مقامات پر جاکی کو دبایئے اور HR کو دور میں شامل رکھ کر تقریبی توازنی نقطہ معلوم کیجئے۔ HR کو دور سے خارج کرنے کے لئے کنجی کو داخل کیجئے اور قطعی توازنی نقطے کو نوٹ کیجئے۔ جاکی کی نسایت درست پوزیشن J_1 کے لئے توازن طول l_1 کی پیمائش کیجئے یعنی $AJ_1 = l_1 cm$ مزاحمتوں کو متعاکس (reverse) کر دیجئے (یعنی $P = 5\Omega$ کر دیجئے) اور اسی طریقہ کار کو اختیار کرکے جاکی کی پوزیشن J_2 کے لئے توازنی طول l_2 معلوم کیجئے۔ یعنی $AJ_2 = 5cm$

یہ آپ کو بتانا ہے کہ قوں پیما کے تار کے $(l_2 - l_1)$ طول کی مزاحمت قطبی طور پر 5Ω کے مساوی ہے۔ اس لئے $x =$ $\Omega\frac{5000}{l_2-l_1} = 10^3 \times \frac{5\Omega}{(l_2-l_1)}$ قوں پیما کے تار کے $100cm \times 10$ طول کی جملہ مزاحمت P اور Q میں 1Ω کے مرحلوں میں مختلف مزاحمتوں کا انتخاب کرتے ہوئے۔ تجربے کو دہرایئے اور ریڈنگ کو ذیل کے جدول میں درج کیجئے۔

b. دیئے ہوئے قوں پیما کی پیمانہ بندی:

دور کو ذیل میں بتائے ہوئے طریقہ پر جوڑیئے۔ حرارت emd کی مقدار چند ملی وولٹ کے درجے کی ہویت ہے۔ اس لئے قوں پیما کو لازماً اتنا حساس ہونا چاہئے کہ اس رینج کے وولٹیج کی پیمائش کر سکے۔ لہٰذا ہمیشہ یہ مناسب ہوتا ہے کہ قوں پیما کے تار کی فی ملی میٹر $10^{-3}m$ طول پر قول میں گراوٹ $(V = 10^{-3}v)$ اس طرح کی تکمیل کے لئے قوں پیما کے دوسروں نے گرد تفاوت قوں کو ذیل کے مساوی ہونا چاہئے $= 1 \times 10^{-6}v \times (10 \times 10^3 mm) = 10^{-2}v = \frac{1}{100}$

فرض کیجئے کہ Q میں مزاحمت =q تب $Q = q\Omega$

$AB = i \times q = 10^{-2}v$ کے گرد تفاوت قوں(P.O):

$i \times (X+q)\Omega = E$ جنکشن کے نقطے C اور سرے B کے درمیان تفاوت قوں:

جہاں E معیاری خانے کا وولٹیج ہے جس کو B پر متوازی کیا گیا ہے۔ اوپر کی مساوات کو تقسیم کرنے پر حاصل ہو گا۔

$$\frac{i(X+Q)}{i \times x} = \frac{E}{10^{-2}} (or) \frac{X+Q}{X} = E \times 10^{2}$$

$$q = (100E - 1)X$$

وانیالی کیڈمیم (cd) خانے کی قوں کی پیائش کیجیے اور اس اکائی کے گزشتہ حصے (a) می معلوم کی گئی قوں پیا کی مزاحمت کی قیمت x کو مساوات میں استعمال کر کے q کو محسوب کیجیے۔ اب q کی اس قیمت کو مزاحمت کے ڈبے Q میں داخل کیجیے اور جاکی کو B پر دبائیے۔ اب P میں مزاحمت کو اس طرح تبدیل کیجیے کہ روپیا میں صفر انصراف (Null deflection) ظاہر ہو۔ اس سے یہ ظاہر ہوتا ہے کہ معیاری خانے کا وولٹیج تار کے $(X+q)$ ادم کے گرد پیدا ہونے والے وولٹیج سے متوازن ہو گیا ہے۔ $1 \, {}^{\mu v}/_{mm}$

c. حراری صفت کے emf کی پیائش کرنا:

پیمانہ بند ابتدائی دور میں کسی قسم کی تبدیلی لائے بغیر ثانوی دور میں معیاری خانے کے تعلق کو منقطع کیجیے۔ حرارت جفت کے ایک سرے کو جنکشن C پر (یعنی P اور Q کے درمیان) جوڑیے اور دوسرے سرے کو ذیل کے بموجب روپیا سے جوڑیے۔

سرد جنکشن کو برف میں رکھے تا کہ $0^{o}c$ تپش حاصل ہو (اگر برف دستیاب نہ ہو تو کمرے کی تپش پر پانی میں رکھے اور اس کی تپش کو نوٹ کیجیے) دوسرے جنکشن کو ایک ایسے پانی میں رکھے جس کو سولت کے ساتھ گرم کیا جاسکتا ہو۔ جب دو جنکشن کے درمیان تپش کا فرق $10^{o}c$

ہو تو گرم جنکشن کی تپش پر 2 یا 3 منٹوں کے لئے صبط رکھے اور ثانوی دور میں پیدا ہونے والے قلیل حراری emf کے لئے توازنی طول کی پیائش کیجیے۔ دونوں جنکشن کی تپشوں کو نوٹ کیجیے۔

گرم جنکشن کی تپش میں $10^{o}c$ کے مرحلوں میں اضافہ کرتے ہوئے تجربے کو دہرائیے۔ مشاہدات کو ذیل کے جدول میں درج کیجیے۔

سرد اور گرم جنکشن کی تپشوں کے فرق اور پیدا شدہ حراری emf کے درمیان ایک ترسیم بنائیے۔ یہ ترسیم ایک خط مستقیم ہو گی جو مساوات کی مطابقت میں ہو گی۔

23.5 مشاہدہ اور تحسیب (Observations and Analysis)

مشاہدات:

a. ایک قوں پیا کے تار کی مزاحمت معلوم کرنا:

جدول(23.1)

سلسلہ نشان	$P\Omega$ میں مزاحمت	$Q\Omega$ میں مزاحمت	توازنی طول		فرق	$\frac{P\ (Or)Q}{l_2 - l_1} \times 10^3$
			l_1	l_2		
1						
2						
3						

b. دیئے ہوئے قوں پیا کی پیمانہ بندی:

جدول(23.2)

سلسلہ نشان	جنکشنوں کی تپش (c)		توازنی طول 1 ملی میٹر	جنکشنوں کے درمیان تپش میں فرق= $T_H - T_C$ O_C	پیدا شدہ emf $E = Lmm \times \frac{1\mu v}{1mm} = l\mu v$	تپش میں ہر اضافے پر حراری emf $E/10^0C\ volts$
	سرد	گرم				
1						
2						
3						

23.6 احتیاطی تدابیر (Precautions)

- اس کا خیال رہے کہ Q میں موجودہ مزاحمت قوں پیما کے تار کی مزاحمت سے ہمیشہ کم رہے۔
- توازنی طولوں کی پیمائش نہایت درست طور پر کی جائے۔
- 3 توازنی طول کی پیمائش کرتے وقت گرم جنکشن کی تپش پر ٹھیک طور پر ضبط رکھئے۔
- جنکشنوں کی تپش کی پیمائش کے لئے ایک $100^0c - 0$ والے حساس تپش پیما جو 0.1c تک ریڈنگ بتا سکتا ہو) کو استعمال کیجئے۔

23.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت (Significant of Experiment in Domestic Life)

- تھرموکوپل کو کھانے اور مشروبات کی صنعت میں مختلف قسم کے اپلی کیشنز کے لیے استعمال کیا جاسکتا ہے جس میں کلین ان پلیس سینسرز پینیٹریشن پروبس، اوون کنٹرول، فوڈ چین مانیٹرنگ، ہاٹ پلیٹ کنٹرول اور مانیٹرنگ اور سٹیم کیٹل ٹمپریچر کنٹرول شامل ہیں۔

23.8 تجربی نتائج (Experimental Results)

نتائج:

- قوں پیما کے تار کی مزاحمت ... ... Ω
- قوں پیما کی پیمانہ بندی ....
- ایک دیئے گئے حراری جفت کے حراری قوت محرکہ برق ....

23.9 کلیدی الفاظ (Key Words)

- **سی بیک اثر (Seebeck effect)**: جب دو غیر مماثل (Dissimilar) دھاتوں سے ایک دور (Circuit) تشکیل دیا جاتا ہے اور ان دھاتوں کے جنکشن دو مختلف تپشوں پر برقرار رکھے جاتے ہیں تو دور میں ایک قوت محرکہ برق یا emf پیدا ہوتی ہے۔ یہ سی بیک اثر (Seebeck effect) کہلاتا ہے۔
- جفتہ کی ڈگری: جفتہ کی طاقت کی مقدار وضاحت۔

اپنی معلومات کی جانچ کیجیے (Check your Information Questions)

1. ترسیم کی نوعیت کیا ہے۔

....

....

....

....

2. اگر تپش میں فرق دوگنا ہو جائے تو کیا ہوتا ہے۔

....

....

....

....

3. مزاحمت سے کیا مراد ہے۔

....

....

....

....

4. emf کو بیان کرو۔

....

....

....

....

5. ایک مائیکرو وولٹ فی ملی میٹر طول کی پیائش کے لئے آپ قوں پیا کی پیمانہ بندی کیوں کرتے ہیں۔

....

....

....

....

مولانا آزاد نیشنل اُردو یونیورسٹی
मौलाना आज़ाद नेशनल उर्दू यूनिवर्सिटी
Estd. 1998
MAULANA AZAD NATIONAL URDU UNIVERSITY

Calculations

MAULANA AZAD NATIONAL URDU UNIVERSITY

Calculations

اکائی 24۔ انتقالہ درجہ حرارت (ٹمپریچر ٹرانسڈیوسر ٹرینر)

(Temperature Transducer Trainer)

اکائی کے اجزا

24.0 تمہید

24.1 مقاصد

24.2 آلات

24.2.1 تشریح آلات

24.3 نظریہ

24.4 طریقہ عمل

24.5 مشاہدہ اور تحسیب

24.6 احتیاطی تدابیر

24.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت

24.8 تجربی نتائج

24.9 کلیدی الفاظ

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

24.0 تمہید(Introduction)

ٹمپریچر ٹرانسڈیوسرز تھرمو عنصر یا ریزسٹر کے ذریعے ماحولیاتی یا سطح کے درجہ حرارت کو برقی سگنل میں تبدیل کر سکتے ہیں۔ کنٹرول ڈیوائس سے منسلک ایک درجہ حرارت ٹرانسڈیوسر کسی عمل کو کنٹرول کر سکتا ہے۔ درجہ حرارت ٹرانسڈیوسرز اکثر HVAC اور بلڈنگ آٹومیشن سسٹم میں استعمال ہوتے ہیں، جہاں وہ حرارتی، کولنگ اور وینٹیلیشن سسٹم کو کنٹرول کرنے کے لیے درجہ حرارت اور نمی کی پیائش کرتے ہیں۔ حرارت کی براہ راست پیائش نہیں کی جاسکتی ہے لیکن پیائش کے آلے پر درجہ حرارت کی تبدیلی کے اثرات کا مشاہدہ کرکے اس کی پیائش کی جاسکتی ہے۔ تجارتی درجہ حرارت کے کنٹرول میں تین قسم کے سینسر استعمال کیے جاتے ہیں: تھرمسٹر، تھرموکوپل، اور مزاحمتی تھرمل ڈیوائسز (RTDs)۔ درجہ حرارت ٹرانسڈیوسر کا استعمال ہوا کے درجہ حرارت کی پیائش کرنے کے لیے کیا جاتا ہے تاکہ کئی کنٹرول سسٹمز جیسے ایئر کنڈیشننگ، ہیٹنگ، وینٹیلیشن وغیرہ کے درجہ حرارت کو کنٹرول کیا جاسکے۔

24.1 مقاصد(Objectives)

اس تجربے میں ہم:

درجہ حرارت کی پیائش کے طریقوں کو وسیع پیمانے پر درج ذیل میں درجہ بندی کی جاسکتی ہے

i. غیر برقی طریقے۔

ii. برقی طریقے۔

iii. تابکاری کے طریقے۔

غیر برقی طریقے:

درجہ حرارت کی پیائش کے غیر برقی طریقے مندرجہ ذیل اصولوں میں سے کسی ایک پر مبنی ہوسکتے ہیں۔

a. طبعی حالت میں تبدیلی۔

b. کیمیائی خصوصیات میں تبدیلی۔

c. طبعی خصوصیات میں تبدیلی۔

وہ درجہ حرارت جس پر متعدد خالص مادے اپنی طبعی حالتوں کو تبدیل کرتے ہیں درجہ حرارت کے پیمانے کی درجہ بندی کے لئے استعمال کیا جاسکتا ہے۔ لیکن یہ آلات مادے کی حالت میں تبدیلی کے مطابق ایک منفرد درجہ حرارت کی ایک خاص قدر فراہم کرتے ہیں۔

لہذا یہ درجہ حرارت کے حدود کی پیائش کے لئے مناسب نہیں ہے۔

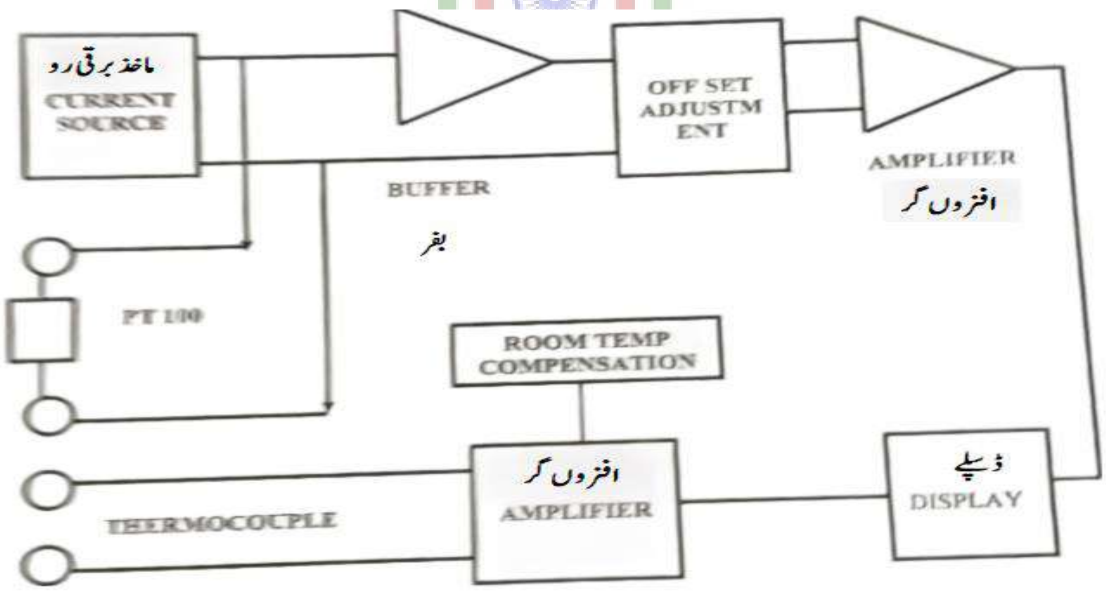
مزید کیمیائی خصوصیات میں تبدیلی کا استعمال کرتے ہوئے، درجہ حرارت میں تبدیلیوں کے سلسلے میں دہرانے کے قابل / قابل پیداوار پیمانہ حاصل کرنے کے لئے ہمیں ایک دوطرفہ کیمیائی عمل کی تلاش کرنی ہوگی۔

تاہم اس طرح کے عمل فطرت میں بہت کم ہوتے ہیں اور اس طرح درجہ حرارت کی پیمائش کا یہ اصول شاید ہی استعمال کیا جاتا ہے۔

24.2 آلات((Apparatus

- ایک قوں پیما، 2یا3 ذخیرہ خانے (2وولٹ کے)،
- ایک معیاری کیڈمیم کا خانہ $0 - 10000\Omega$ رینج والے دو مزاحمت کے ڈبے،
- ایک ڈاٹ کنجی،
- ایک مقوم،

24.2.1 تشریح آلات(Apparatus Explanation)



شکل(24.1)

آر ٹی ڈی کے لئے سرکٹی خاکہ کی وضاحت:

جیسے جیسے پانی کا درجہ حرارت بڑھتا ہے، آر ٹی ڈی کی مزاحمت بڑھ جاتی ہے اور اسی وجہ سے آر ٹی ڈی میں تیار وولٹیج بڑھ جاتا ہے۔ یہ وولٹیج OP Ampکا استعمال کرتے ہوئے بفر کیا جاتا ہے۔اس طرح آر ٹی ڈی میں پیدا ہونے والا وولٹیج درجہ حرارت کے متناسب ہوتا ہے اور آفسیٹ وولٹیج کو ترتین دینے کے لئے ایک اور آپریشنل ایمپلیفائر استعمال کیا جاتا ہے۔ متغیر مزاحمت اس مقصد کے لئے استعمال کی

جاتی ہے۔ اگلا مرحلہ امپلی فایر (افز ں وں گر) کا مرحلہ ہے۔ گین کو اس طرح ترتیب کیا جاتا ہے کہ پیدا ہونے والا وولٹیج درجہ حرارت کے متناسب ہو۔

اس طرح پیدا ہونے والا وولٹیج ٹریز کے بورڈ پر ڈیجیٹل وولٹ میٹر کو دیا جاتا ہے۔ اس طرح تیار کردہ آوٹ پٹ 2 ملی میٹر ٹرمینل پر بھی دستیاب ہے اور ضرورت پڑنے پر مزید پروسیسنگ کے لئے استعمال کیا جاسکتا ہے جیسے اے / ڈی کنورٹر وغیرہ۔

مزید پروسیسنگ کے لئے. مختلف گراؤنڈ پوائنٹس کو ایک ساتھ مختصر استعمال کیا گیا ہے

24.3 نظریہ (Theory)

درحقیقت، درجہ حرارت کی پیائش کے زیادہ تر غیر برقی طریقے طبعی خصوصیات میں تبدیلی پر مبنی ہوتے ہیں، یعنی حرارت میں تبدیلی کی وجہ سے پھیلاو۔

طبعی خصوصیات میں تبدیلی پر مبنی درجہ حرارت کی پیائش کی مثالیں:

ٹھوس سلاخی تھرمامیٹر اس تھرمامیٹر کا اصول درجہ حرارت میں اضافے کے ساتھ دھاتوں کے پھیلاو پر مبنی ہوتا ہے۔ یہ تھرمامیٹر بنانے میں آسان اور کافی سستا ہوتا ہے۔ تاہم دھاتی سلاخ کی بڑی کیمت کی وجہ سے اس کا عمل کافی سست ہوتا ہے۔ عام طور پر، اس طرح کے آلے کو ٹھوس سلاخی تھرموسٹیٹ (تپش قرار) میں استعمال کیا جاتا ہے۔ اس صورت میں سلاخ کے پھیلاو کو بجلی منقطع کرنے کے مائیکرو سوئچ میں استعمال کیا جاتا ہے جیسے کہ گھروں میں استعمال ہونے والے واٹر ہیٹر یا گھروں میں استعمال ہونے والے اوون میں پہلے سے طے شدہ درجہ حرارت تک پہنچنے پر بجلی منقطع ہو جاتی ہے۔

دودھاتی تپش پیماء:

اس قسم کا تھرمامیٹر ٹھوس میں پھیلاو کے اصول پر کام کرتا ہے اور ایک دودھاتی (بائی میٹل) پٹی پر مشتمل ہوتا ہے۔ یہ دودھاتوں کی پٹیوں میں حرارت کے اضافہ کرنے پر پھیلنے کی شرح مختلف ہوتی ہے۔ انکو ویلڈ یا ایک ساتھ جوڑا جاتا ہے تاکہ ان کے درمیان حرکت کو روکا جاسکے اور یہ ملکر رہے۔ درجہ حرارت میں اضافہ پٹی کے آزاد رہنے والے سرے کے انحراف کا سبب بنتا ہے۔ جہاں درجہ حرارت کم ہو وہاں پیتل کو استعمال کیا جاتا ہے جبکہ نکل مرکب اس وقت استعمال کیا جاتا ہے جب جب اعلی درجہ حرارت کی پیائش کرنی پڑتی ہے۔

مائع رکھنے والے شیشہ کے تپش پیماء:

شیشہ کے تھرمامیٹر، درجہ حرارت کی پیائش کرنے والے سب سے عام آلات میں سے ایک ہے۔ حرارت کے سبب مائع اور گلاس دونوں پھیلتے ہیں اور درجہ حرارت کی نشاندہی کرنے کے لئے ان کے پھیلاو کا استعمال کیا جاتا ہے۔ پارہ عام طور پر سب سے زیادہ استعمال ہونے والا مائع ہے۔ اگرچہ شیشہ کے تھرمامیٹر عام طور پر لیبارٹری میں استعمال ہوتا ہے، پر اسمیں موجود چند کمزوریوں کی وجہ سے اسے صنعتی طور پر زیادہ استعمال نہیں کیا جاتا ہے۔

پریشر تھرمامیٹر (دباو تپش پیماء):

پریشر تھرمامیٹر درجہ حرارت کی پیمائش کے نظام کے دیئے گئے حجم میں دباؤ میں اضافے کی وجہ سے سیال کے پھیلاو کے اصول پر مبنی ہے۔ یہ صنعتوں میں سب سے زیادہ اقتصادی، ہمہ گیر اور وسیع پیمانے پر استعمال ہونے والا آلہ ہے. اس میں شیشے کے بجائے نسبتا بڑا دھاتی بلب ہوتا ہے جس کے نتیجے میں ایک مضبوط، استعمال میں آسان تھرمامیٹر تیار ہوتا ہے جو بلب کو بارڈن گیج یا شعری نلی کے ذریعہ کسی دوسرے دباؤ کی پیمائش کرنے والے آلے سے جوڑ کر دور سے پڑھا جاسکتا ہے۔ پیمائش کے نظام کی دیگر اقسام مستقل حجم تھرمامیٹر اور تبخیری دباو تھرمامیٹر ہیں جن کا ہم پھر کبھی مطالعہ کریں گیں۔

24.4 طریقہ عمل (Procedure)

برقی طریقے عام طور پر درجہ حرارت کی پیمائش کے لئے کافی آسان ہیں کیونکہ وہ ایک سگنل فراہم کرتے ہیں جسے آسانی سے پتہ لگایا جاسکتا ہے جسے بڑھایا جاسکتا ہے یا کنٹرول کیا جاسکتا ہے۔ درجہ حرارت کی پیمائش کے لئے دو اہم برقی طریقے استعمال ہوتے ہیں۔ وہ یہ ہیں:

1. متغیر کنٹرول پیرامیٹر انتقالے (Variable Control Parameter Transducers)
2. یعنی متغیر مزاحمت انتقالے (Variable Resistance Transducers):

1. **مزاحمتی تھرمامیٹر میں خود مولد،**

مختلف مادوں کی مزاحمت میں تبدیلی، جو درجہ حرارت کے ساتھ مختلف ہوتی ہے، اس اہم (حسی) سینز   سنگ تکنیک کی بنیاد بناتی ہے۔ مادے دو اقسام کے ہوتے ہیں۔ یعنی (کنڈکٹر) موصل (دھاتیں) اور سیمی کنڈکٹر (نیم موصل)۔ عام طور پر، درجہ حرارت میں اضافے کے ساتھ انتہائی متحرک مادوں کی مزاحمت میں اضافہ ہوتا ہے اور ایسے مادوں کے بنے کوائلز (لچھوں) کو دھاتی مزاحمتی تھرمامیٹر کہا جاتا ہے. جبکہ نیم موصل مادوں کی مزاحمت عام طور پر درجہ حرارت میں اضافے کے ساتھ کم ہو جاتی ہے۔ اس طرح کے منفی درجہ حرارت کی خصوصیات والے حراری حساس مزاحمت کاروں کو عام طور پر این ٹی سی تھرمسٹرز NTC thermistors کے نام سے جانا جاتا ہے۔

دھاتی مزاحمتی تپش پیماء: تابنہ، Tungstone اور نکل جیسی دھاتیں درجہ حرارت میں اضافے کے ساتھ مزاحمت میں تھوڑا سا اضافہ ظاہر کرتی ہیں کیونکہ ان کا درجہ حرارت مثبت ہوتا ہے۔ 600 ڈگری سینٹی گریڈ تک کم درجہ حرارت کی پیمائش کے لئے، دھاتی تھرمامیٹر اپنی اعلی درجے کی درستگی کی وجہ سے لیبارٹری اور صنعتی استعمالات دونوں کے لئے بہت موزوں ہے۔

نیم موصلی مزاحمتی سینسر (سیمی کنڈکٹر مزاحمتی سینسر (تھرمسٹر):

تھرمسٹر (حراری مزاحمت کے لئے) ایک حرارتی طور پر حساس متغیر مزاحمت ہے جو سیرامک جیسے نیم موصل مادے سے بناہوتا ہے۔وہ مختلف قسم کی شکلوں اور سائز میں دستیاب ہے جن میں سرد مزاحمت ہوتی ہے جس میں چند اوم سے لے کر میگا اومز تک شامل ہیں۔انکی جسامت انتہائی چھوٹے موتیوں، پتلے ڈسک، پتلے چپس، یا ویفرز سے لے کر بڑے سائز کی سلاخوں تک ہو سکتا ہے۔ دھاتوں کے بر عکس، تھرمسٹر درجہ حرارت پر منفی رد عمل کرتے ہیں۔ان کی مزاحمت پلیٹینم یا تانبہ کے مقابلے میں 10 گنا زیادہ ہوتی ہے۔تھرمسٹر تانبے، مینگنیز، نکل، کوبالٹ، اور لیتھیم کے آکسائڈ سے تیار کیے جاتے ہیں۔ان آکسائیڈز کو مناسب تناسب میں ملایا جاتا ہے اور مطلوبہ شکلوں میں کمپریس کیا جاتا ہے۔طاقت اور گرمی کے دریعہ انہیں دوبارہ کرسٹلائز (قلمی حالت میں تبدیل) کیا جاتا ہے، جس کے نتیجے میں مطلوبہ مزاحمتی درجہ حرارت کی خصوصیات کے ساتھ ایک گھنا سیرامک جسم پیدا ہوتا ہے۔

تھرمسٹرز سے درجہ حرارت کی پیمائش کے لئے مندرجہ ذیل فوائد ہیں:

i. ایک بڑا درجہ حرارت جو تھرمسٹر کو انتہائی حساس آلہ بناتا ہے،

ii. اس طرح 0.01-/+ ڈگری سینٹی گریڈ تک پیمائش کی درستگی کو ممکن بناتا ہے۔

i. برقی اور میکانی دباؤ کا سامنا کرنے کی صلاحیت۔

ii. کافی اچھی عملی حدود جو 100- سے 300+ ڈگری سینٹی گریڈ کے درمیان ہے۔

iii. دستیاب مزاحمتی برج دور resistance bridge circuits کے لئے کافی کم لاگت اور آسان مطابقت پذیری

iv. اعلی حساسیت اور انتہائی چھوٹے سائز میں دستیابی حراری رد عمل کی تیز رفتار کو ممکن بناتی ہے۔

حراری جفت (Thermocouple):

درجہ حرارت کی پیمائش کا سب سے عام برقی طریقہ حراری برقی سینسر کا استعمال کیا جا تا ہے ، جسے حراری جفت Thermocouple بھی کہا جاتا ہے۔حراری جفت Thermocouple کی تیاری کافی آسان ہے۔یہ مختلف دھاتوں کے دو تاروں پر مشتمل ہوتا ہے جن کو جوڑا جاتا ہے اور ان میں سے ہر ایک تار کو غیر موصل پرت سے ڈھانپا جاتا ہے جو یا تو ہو سکتا ہے۔

1. عام کاموں کے لئے معدنیات (میگنیشیم آکسائڈ) غیر موصل یا

2. بھاری کاموں کے لئے کے لئے سیرامک غیر موصل

تھرموکوپلز کے لئے مادہ کا انتخاب مندرجہ ذیل عوامل کی بنیاد پر کیا جاتا ہے۔

i. اس درجہ حرارت کو برداشت کرنے کی صلاحیت جس پر ان کا استعمال کیا جاتا ہے.

ii. آلودگی / آکسیڈیشن وغیرہ سے محفوظ رہنے کی صلاحیت. جو تھرموالیکٹرک خصوصیات کی حفاظت کو یقینی بناتا ہے۔

iii. لچک کی خصوصیات

تھرموکو پلز کو عمومی طور پر دوزمروں میں تقسیم کیاجاسکتاہے۔

a. بنیادی دھاتی تھرموکو پلز

b. کمیاب دھاتی تھرموکو پلز

بیس میٹل تھرموکو پلز(بنیادی دھاتی تھرموکو پلز)خالص دھاتوں اور لوہے، تانبے اور نکل کے مرکب کا امتزاج استعمال کرتے ہیں اور 1450 ڈگری کے تک تھرموکو پلز کے لئے استعمال ہوتے ہیں۔ یہ عمومی طور پر استعمال ہوتے ہیں کیونکہ وہ زیادہ حساس، سستے اور تقریباً خطی خصوصیات رکھتے ہیں.

کم یاب دھاتی تھرموکو پلز k 2000 تک کے درجہ حرارت کے لئے خالص دھاتوں اور پلیٹینم کے مرکب کا امتزاج استعمال کرتے ہیں اور 2900 k تک کے درجہ حرارت کے لئے ٹنگسٹن، روڈیم اور مولیبڈینیم کا امتزاج استعمال کرتے ہیں۔

تابکاری کا طریقہ:

درجہ حرارت کی پیمائش کرنے والے تمام آلات جن پر اب تک بحث کی گئی ہے ان میں تھرمامیٹر کو جسم کے ساتھ جسمانی رابطے میں لانے کی ضرورت ہوتی ہے جس سے درجہ حرارت کی پیمائش کی جاتی ہے۔اس کا مطلب یہ ہے کہ تھرمامیٹر اس درجہ حرارت کو برداشت کرنے کے قابل ہونا چاہئے، جو بہت گرم اجسام کی صورت میں ایک مسئلہ پیش کرتا ہے کیونکہ تھرمامیٹر اعلی درجہ حرارت پر پگھل سکتاہے۔

دوسرا، حرکت کرنے والے اجسام کے لئے، درجہ حرارت کی پیمائش کے لئے ایک غیر رابطہ میں رہنے والا آلہ سب سے زیادہ آسان ہے۔ تیسرا، اگر کسی شے کی سطح پر درجہ حرارت تقسیم کی ہوئی حالت میں ہو تو، ایک غیر رابطہ میں رہنے والا آلہ آسانی سے کر سکتاہے۔

650 ڈگری سینٹی گریڈ سے زیادہ درجہ حرارت رکھنے والے جسم کے لئے، جسم سے نکلنے والی گرمی کی تابکاری کے درجہ حرارت کی پیمائش کافی شدید ہوتی ہے. تابکاری کے اصولوں کو استعمال کرنے والے آلات کو پائرومیٹر کہا جاتا ہے۔ تفصیلات آگے ہم پھر کبھی بحث کریں گیں.

عام طور پر درجہ حرارت ٹریز کے ساتھ ایک معیاری مشق کے طور پر فراہم کیا جانے والا تھرموکوپل ٹی قسم کا تھرموکوپل ہوتا ہے۔ یہ تھرموکوپل تانبے سے بنا ہوتا ہے۔ مستقل اور اس کی حساسیت mV/K 0.05 ہوتی ہے۔ یہ تھرموکوپل 33-373 degrees C کے حدود کے لئے استعمال کیا جاسکتاہے

کبھی کبھی درخواست پر ٹریز کے ساتھ جے اور کے قسم کے تھرموکوپل بھی فراہم کیے جاتے ہیں۔ جے قسم کا تھرموکوپل آئرن۔ کانسٹینن سے بنا ہوتا ہے اور اس کی حساسیت mV/K 0.05 ہوتی ہے۔ یہ تھرموکوپل 6363 - C 1473 degrees کے درجہ حرارت کی حدود کے لئے استعمال کیا جاسکتاہے۔

کے قسم کا تھرموکوپل Chromel-Alumel سے بناہوتا ہے اور اس کی حساسیت 0.04 mV/K ہے۔ یہ تھرموکوپل کو 3 - 1673 degrees C. کے درجہ حرارت کی حدود کے لئے استعمال کیا جاسکتا ہے۔

موجودہ سیٹ اپ الیکٹرانک بورڈ پر نصب ایک آرٹی ڈی اور ایک کاپر کانسٹینٹن تھرموکوپل پر مشتمل ہے۔ ان دونوں کے آوٹ پٹ کو انفرادی طور پر بڑھایا جاسکتا ہے۔ صفر حوالہ مقرر کرنے کے لئے ان دونوں انفرادوں کے لئے آفسیٹ سرکٹری کا استعمال کیا جاتا ہے۔ ان دو آزاد سرکٹوں کی آوٹ پٹ کو سلیکٹر سوئچ کے ذریعے ڈیجیٹل ڈسپلے سے منسلک کیا جاسکتا ہے۔ سیٹ اپ کا بلاک ڈایاگرام یہ ہے۔

24.5 مشاہدہ اور تحسیب (Observations and Analysis)

مشاہدات:

جدول (24.1)

درجہ حرارت کی حد اور دیگر نمایاں خصوصیات کے ساتھ عام تھرموکوپلز یہاں دیئے گئے ہیں:

تقریباً درستگی %	درجہ حرارت کی حد (K)	تقریباً حساسیت mV/K	مادہ	قسم
+/- 1/2٪	673-3	0.05	Copper-constantan	بنیادی دھات
+/- 1٪	1473-63	0.05	Iron- Constanan	بنیادی دھات
+/- 1٪	1643-3	0.04	Chromel-Constanan	بنیادی دھات
+/- 1٪	1273-3	0.08	پلیٹینم پلیٹینم / 10٪ روڈیم	بنیادی دھات
+/- 1/2٪	2033-223	0.01	پلیٹینم-پلیٹینم / 13٪ روڈیم	کمیاب دھات
+/- 1/2٪	2033-223	0.012	پلیٹینم / 30٪ روڈیم	کمیاب دھات
+/- 1/2٪	2093-273	0.012	پلیٹینم / 60٪ روڈیم	کمیاب دھات

درکار اشیاء:

تجربے کے لئے مندرجہ ذیل اشیاء درکار ہیں۔

i. بیکر یا کوئی دوسرا پانی کا کنٹینر (جو ٹریز کے ساتھ فراہم نہیں کیا گیا)

ii. ہیٹر

iii. تھرمامیٹر (ٹریز کے ساتھ فراہم نہیں کیا گیا)

iv. درجہ حرارت ٹریز

آر ٹی ڈی کے لئے تجربہ کی ترتیب و تنظیم:

i. آر ٹی ڈی کو ٹریز سے مربوط کرے۔

ii. آر ٹی ڈی کو ایک گلاس پانی میں داخل کرے

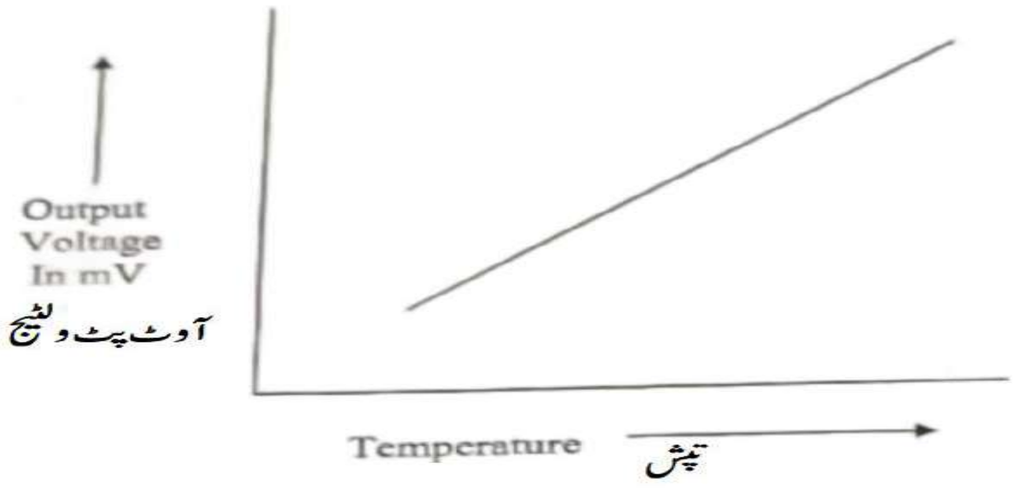
iii. سوئچ منتخب کریں تاکہ آن بورڈ وولٹ میٹر ٹریز کی آوٹ پٹ پر منسلک ہو۔ آر ٹی ڈی

iv. فراہم کردہ ہیٹر کے ساتھ پانی گرم کریں اور درجہ حرارت میں اضافے کا مشاہدہ کرے.

v. اب ہیٹر ہٹادیں اور پانی کو ٹھنڈا ہونے دیں۔ آوٹ پٹ پر وولٹیج کی ریڈنگ نوٹ کرے۔

vi. درجہ حرارت اور آوٹ پٹ وولٹیج کے درمیان ایک گراف تیار کریں۔

vii. مشاہدہ کریں کہ گراف تقریبا خطی ہو گا.



شکل(24.2)

تھرموکوپل (حراری جفت) کے لئے تجربہ کی ترتیب و تنظیم:

i. تھرموکوپل کو ٹریز سے مربوط کریں۔

ii. تھرموکوپل کو ایک گلاس پانی میں داخل کریں۔

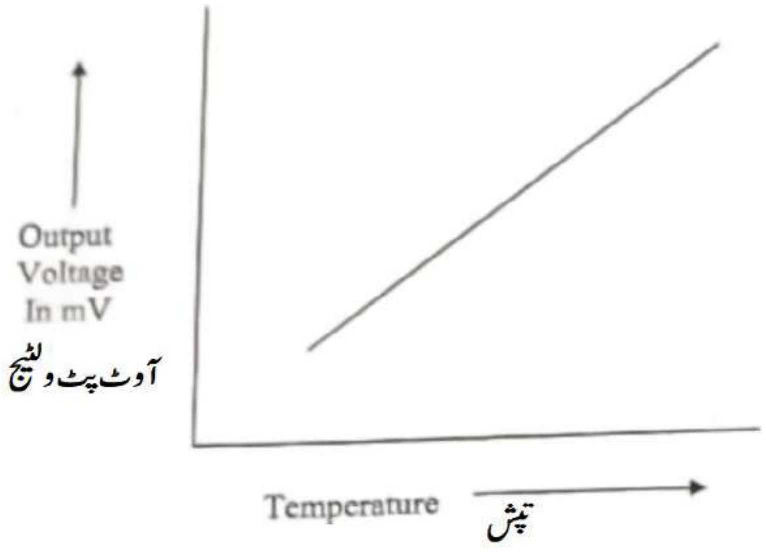
iii. تھرموکوپل کی آؤٹ پٹ سے جڑنے کے لئے وولٹ میٹر کا انتخاب کریں۔

iv. فراہم کردہ ہیٹر کے ساتھ پانی گرم کریں اور درجہ حرارت کو بڑھنے دیں.

v. ہیٹر بند کریں اور پانی کو ٹھنڈا ہونے دیں۔

vi. جیسا کہ درجہ حرارت گر رہا ہے، درجہ حرارت کی مختلف ریڈنگ کے مطابق آؤٹ پٹ مرحلے پر وولٹیج کی مختلف ریڈنگ نوٹ کرئے۔

vii. درجہ حرارت اور آؤٹ پٹ وولٹیج کے درمیان ایک گراف (ترسیم) تیار کرئے۔ جو تقریباً خطی ہوگا



شکل (24.3)

24.6 احتیاطی تدابیر (Precautions)

- اس کا خیال رہے کہ Q میں موجودہ مزاحمت قوں پیما کے تار کی مزاحمت سے ہمیشہ کم رہے۔
- توازنی طولوں کی پیمائش نہایت درست طور پر کی جائے۔
- 3 توازنی طول کی پیمائش کرتے وقت گرم جنکشن کی تپش پر ٹھیک طور پر ضبط رکھئے۔
- جنکشنوں کی تپش کی پیمائش کے لئے ایک $0 - 100^0c$ والے حساس تپش پیما جو 0.1c تک ریڈنگ بتا سکتا ہو) کو استعمال کیجئے۔

24.7 روزمرہ زندگی میں اس تجربے کی اہمیت(Significant of Experiment in Domestic Life)

- ٹرانسڈیوسر ایک الیکٹرانک ڈیوائس ہے جو توانائی کو ایک شکل سے دوسری شکل میں تبدیل کرتی ہے۔ توانائی کو ایک شکل سے دوسری شکل میں تبدیل کرنے کے عمل کو ٹرانزیکشن کے نام سے جانا جاتا ہے۔ ٹرانس ڈیوسرز کی کچھ عام مثالوں میں لاؤڈ سپیکر، مائیکروفون، تھرمامیٹر اور ایل ای ڈی شامل ہیں۔
- یہی ہمارے گھروں کے اندر، درجہ حرارت کے سینسر بہت سے برقی آلات میں استعمال کیے جاتے ہیں، ہمارے فریج اور فریزر سے لے کر ٹھنڈے درجہ حرارت کو منظم اور برقرار رکھنے میں مدد کرنے کے ساتھ ساتھ چولہے اور اوون کے اندر یہ یقینی بنانے کے لیے کہ وہ کھانا پکانے، ایئر کنفیکشنرز/ہیٹرز کے لیے مطلوبہ سطح پر گرم ہوں۔وہ اصول ہے جس کے تحت ہمارے فوق مراری(Super thermal)اسٹیشنوں(مثلاًرامانگنڈم)میں برقی کی طاقت پیدا کی جاتی ہے۔

24.8 تجربی نتائج(Experimental Results)

نتائج:

....

....

....

24.9 کلیدی الفاظ (Key Words)

- **سی بیک اثر(Seebeck effect)**: جب دو غیر مماثل(Dissimilar)دھاتوں سے ایک دور(Circuit)تشکیل دیا جاتا ہے اور ان دھاتوں کے جنکشن دو مختلف تپشوں پر برقرار رکھے جاتے ہیں تو دور میں ایک قوت محرکہ برق یاemfپیدا ہوتی ہے۔ یہ سی بیک اثر(Seebeck effect)کہلاتا ہے۔
- جفتہ کی ڈگری: جفتہ کی طاقت کی مقدار وضاحت۔

اپنی معلومات کی جانچ کیجئے (Check your Information Questions)

1. پریشر تھرمامیٹر کیا ہے۔

....

....

....

....

.2 سی بیک اثر سے کیا مراد ہے۔

....

....

....

....

.3 نیم موصلی سے کیا مراد ہے۔

....

....

....

....

.4 جفتہ کی ڈگری کو بیان کرو۔

....

....

....

....

Calculations

MAULANA AZAD NATIONAL URDU UNIVERSITY

Calculations

Maulana Azad National Urdu University

B.Sc. (Physics) IV -Semester Examination

Thermal Physics – BSPH450CCP

Practical Model Paper

وقت:3 گھنٹے　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　کل نمبرات:50

---

1. فوٹو الیکٹرک اثر کا استعمال کرتے ہوئے پلانک کا مشغلہ(Plank's Constant)اور کام تفاعل(WorkFunction)کی تخمین کریں۔
2. تابکاری کے معکوس مربع قانون کی(Inverse Square Law)کی تصدیق کریں۔
3. اسٹیفن اور بولٹزمین کا مستقل(Stefan Boltzman's Constant)تابکاری کے کلیہ کی تصدیق کریں۔
4. لی کا طریقہ کار استعمال کرتے ہوئے ڈسک (قرص) کی شکل میں خراب موصل (گلاس) کی حراری موصلیت (حرارت کے گزرنے کی شرح) کا تعین کریں۔
5. پلیٹینم مزاحمت تپش پیما استعمال کرتے ہوئے توعی مزاحمت,پلیٹینم تار کے مادے کی نوعی ایصالیت، تپش کے لحاظ سے شرح تبدیلی مزاحمت کو معلوم کریں۔
6. ایک حراری جفت میں گرم اور سرد جنکشنوں کے درمیان مختلف تپشی فرق کے لئے پیدا ہونے والے حراری قوت محرکہ برق کو معلوم کر کریں۔
7. حرارت کی براہ راست پیائش نہیں کی جاسکتی ہے لیکن پیائش کے آلے پر درجہ حرارت کی تبدیلی کے اثرات کا مشاہدہ کر کے اس کی پیائش کی کریں۔